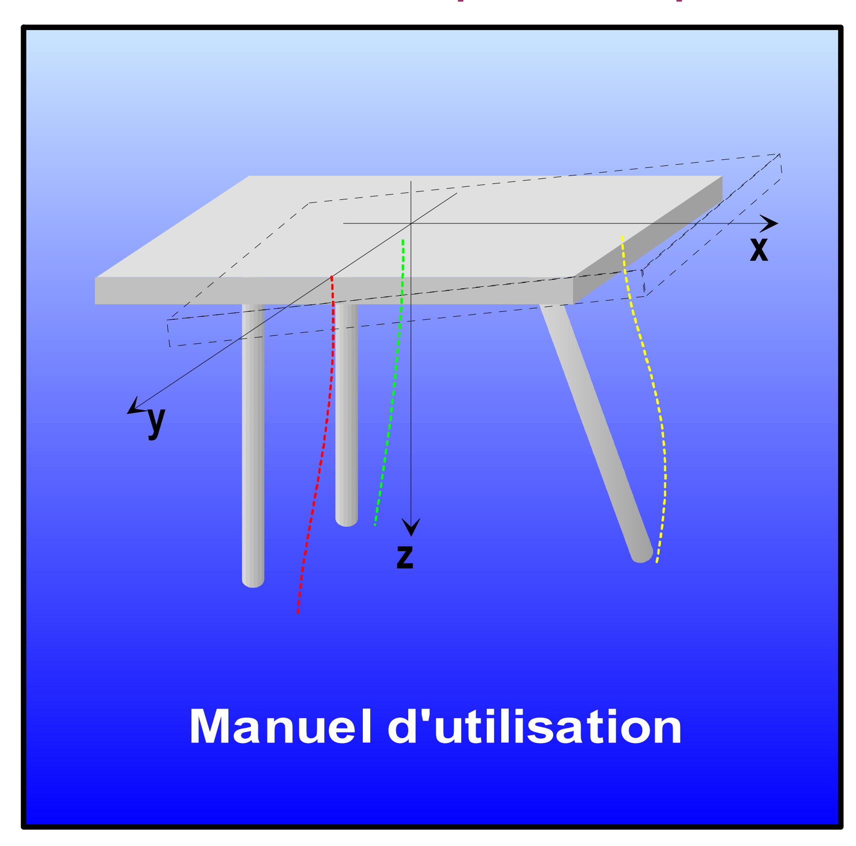
Hadès

version 5.5e

Logiciel de calcul des sollicitations dans une fondation profonde spaciale



Juin 2014

SOMMAIRE

1. PRESENTATION

HADÈS est un programme de calcul des sollicitations dans une fondation profonde spatiale, prenant en compte la réaction latérale élasto-plastique du sol mobilisée par le déplacement des pieux, ainsi que le cas échéant le déplacement horizontal libre du sol le long de chaque pieu. Les conditions de liaison en pied et en tête sont quelconques. Le logiciel permet également d'intégrer, si l'utilisateur le désire, les règles de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil du fascicule 62 - titre V du C.C.T.G.

HADÈS est piloté par un langage de commandes à mots-clés, ce qui le rend interactif tout en permettant l'insertion de fichiers de commandes. Il comporte un module graphique qui permet de visualiser la géométrie de la semelle, les courbes de déplacements et d'efforts pour chaque pieu ainsi que le déplacement d'ensemble de la fondation. HADÈS a été développé par le Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art du SETRA.

Si la lecture intégrale de la présente notice avant la première utilisation du logiciel est vivement conseillée, elle n'est pas indispensable : le lecteur pressé pourra directement se reporter aux chapitres 2 (Conventions géométriques) et 5 (utilisation du programme) ainsi qu'à l'exemple d'utilisation (chapitre 7.7). En cas de problème, l'utilisateur pourra utilement se reporter au chapitre 6 (diagnostic rapide d'anomalies).

Pour l'installation du logiciel, se reporter au guide d'installation fourni au format PDF.

2. CONVENTIONS GEOMETRIQUES

2.1. DEFINITION DU REPERE GENERAL DE REFERENCE

Le repère de référence est un repère orthonormé direct (O,X,Y,Z) dont l'axe OZ est vertical descendant. Quand la face inférieure de la semelle est plane, il est conseillé de faire coïncider ce plan avec XOY. On a alors pour tout i, Zi = 0. Les rotations autour de OX, OY et OZ sont positives si le vecteur-rotation associé est positif (règle du tire-bouchon).

La semelle est supposée infiniment rigide ; sa géométrie n'est donc pas prise en considération pour les calculs : seules importent les coordonnées des têtes de pieux. Pour les visualisations graphiques, la semelle est représentée sous forme d'un parallélépipède dont l'utilisateur précise les dimensions.

Le torseur des efforts extérieurs est appliqué au point 0, repère absolu.

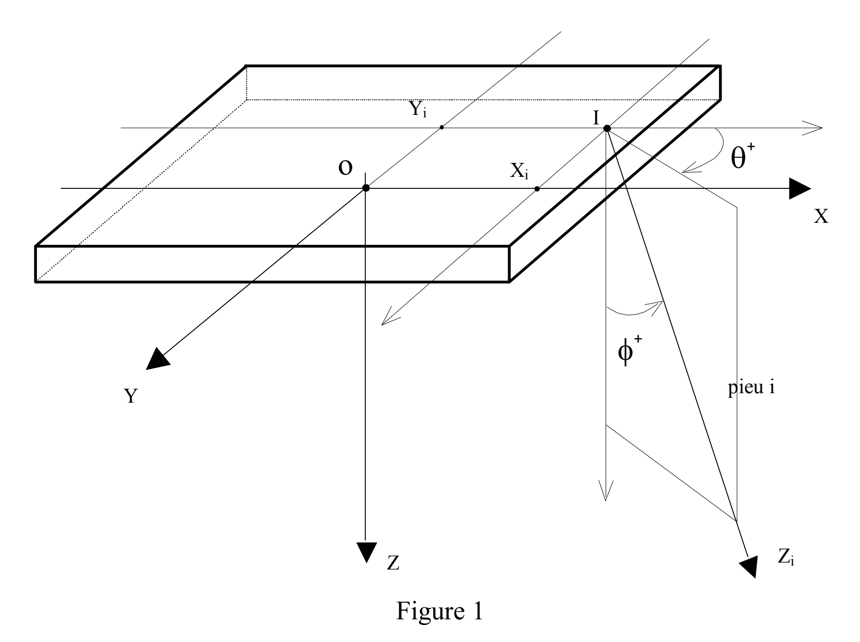


Figure 1

2.2. DEFINITION DES PIEUX

La position du pieu est définie par les coordonnées de sa tête I (x_i, y_i, z_i) dans le repère de référence, par les 2 angles orientés θ et ϕ fixant la direction du pieu et par sa longueur.

Le repère local attaché au pieu (I,Xi,Yi,Zi) est défini par les transformations suivantes :

$$\text{repère général } (O,X,Y,Z) \xrightarrow{\text{translation de } \overrightarrow{OI}} (I,X,Y,Z)$$
$$\text{base } (i,j,k)$$

$$(I,X,Y,Z) \xrightarrow{\text{rotation } \vec{\omega}_z = \vec{\theta}} (I,X',Y',Z')$$

$$(I,X',Y',Z') \xrightarrow{\text{rotation } \vec{\omega}_y' = \vec{\phi}} (I,X'',Y'',Z'')$$

$$(I,X'',Y'',Z'') \xrightarrow[\text{rotation autour de l' axe } Z'']{\text{rotation } \vec{\omega}_z'' = \vec{\psi}} (I,Xi,Yi,Zi)$$

La troisième rotation ψ est une rotation autour de l'axe du pieu pour faire coïncider le repère local avec le repère principal d'inertie du pieu. L'intervalle de définition des angles θ, ϕ et ψ est $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$

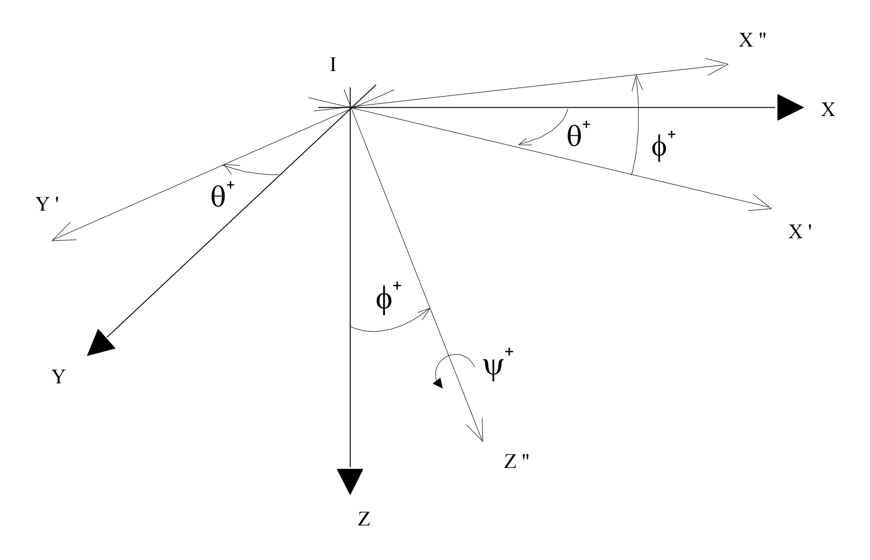


Figure 2 : définition des angles de changement de repère.

Les déplacements de la semelle sont donnés dans le repère général de référence (O,X,Y,Z). Pour chaque pieu, les efforts et les déplacements sont donnés dans le repère local du pieu considéré (I, X_i, Y_i, Z_i).

2.3. DEFINITION DES COUCHES DE SOL

Des pendages peuvent être introduits pour les couches de sol, à l'aide de deux angles orientés α et β ; intervalle de définition admis : $\left]-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right[$. α (respectivement β) est l'angle que fait l'interface inférieure de la couche considérée avec l'axe OX (respectivement OY).

3. HYPOTHESES DE CALCUL

L'objet du présent paragraphe est de donner une vision synthétique de la méthode sans entrer dans le détail des algorithmes et des formules. A titre indicatif, pour les algorithmes utilisés dans le domaine élastique, se reporter aux Annales de l'I.T.B.T.P. (Cf. article de A. MILLAN, Octobre 82).

3.1. CONVENTIONS DE LA MECANIQUE

Le torseur des efforts de la RDM choisi est le torseur de droite. En tête de pieu, le torseur des efforts donné par le logiciel est le torseur des efforts extérieurs s'appliquant en tête de pieu.

En pied de pieu, le torseur des efforts donné par le calcul est le torseur des efforts intérieurs (égal à l'opposé du torseur des efforts extérieurs appliqué en pied).

Équation de la flexion dans le plan Xi I Zi

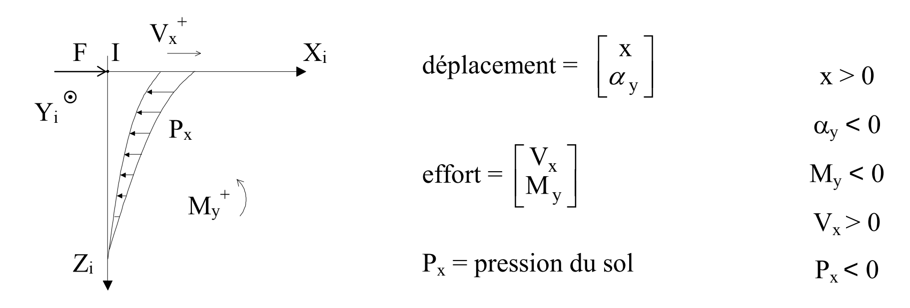


Figure 3 : convention de la RDM

$$\alpha_y = \frac{dx}{dz}$$

$$M_y = -EI\frac{d^2x}{dz^2}$$

$$\frac{dM_y}{dz} = -V_x$$

$$P_x = \frac{dVx}{dz} = EI\frac{d^4x}{dz^4} = -r\left(x - g_{xi}(z)\right)$$

avec r = réaction du sol fonction du déplacement relatif (pieu-sol)

g_{xi} (z) = déplacement libre du sol dans la direction Xi

$$\boxed{EI\frac{d^4x}{dz^4} + r\left(x - g_{xi}(z)\right) = 0}$$

Équation de la flexion dans le plan Y_i I Z_i

F I V_y^+ Y_i

X_i P_y M_x^+ Z_i

déplacement = $\begin{bmatrix} y \\ \alpha_x \end{bmatrix}$ $\qquad y > 0$, $\alpha_x > 0$

effort = $\begin{bmatrix} V_y \\ M_x \end{bmatrix}$ $\qquad M_x > 0$, $V_y < 0$

P_y = pression du sol $\qquad P_y < 0$

Figure 4

$$\alpha_x = \frac{-dy}{dz}$$

$$M_x = -EI\frac{d\alpha_x}{dz} = EI\frac{d^2y}{dz^2}$$

$$V_y = \frac{dM_x}{dz}$$

$$P_y = \frac{dV_y}{dz} = \boxed{EI\frac{d^4y}{dz^4} = r\left(y - g_{yi}(z)\right)}$$

L'équation différentielle donnant la ligne élastique a la même expression dans les deux plans mais les équations de la RDM diffèrent puisque le trièdre (z, x, y) est direct mais le trièdre (z, y, x) est indirect.

Équation de la torsion

on a : $\frac{d\psi}{dz} = \frac{T(z)}{G.K}$

T = moment de torsion

G = module de Coulomb $= \frac{E}{2(1+\nu)}$

K = inertie de torsion

Cette équation n'est pas exploitée actuellement par le programme, le frottement de torsion le long du pieu n'étant en général pas connu avec une précision suffisante. On notera que les modules de Coulomb apparaissent dans la base de données, bien que n'étant actuellement pas utilisés, afin de réserver une extension ultérieure possible des spécifications du programme.

3.2. MODELISATION DE LA LOI DE REACTION DU SOL

Le sol est divisé en couches au sein de chacune desquelles la loi de réaction est la même. Cette loi est définie par deux modules de réaction du sol k_1 et k_2 et deux paliers plastiques (seuils de plasticité en déplacement s_1 et s_2 correspondant aux pressions limites p_1 et p_2). Ces courbes dépendent du plan d'étude et de la nature des sollicitations extérieures (instantanées ou différées).

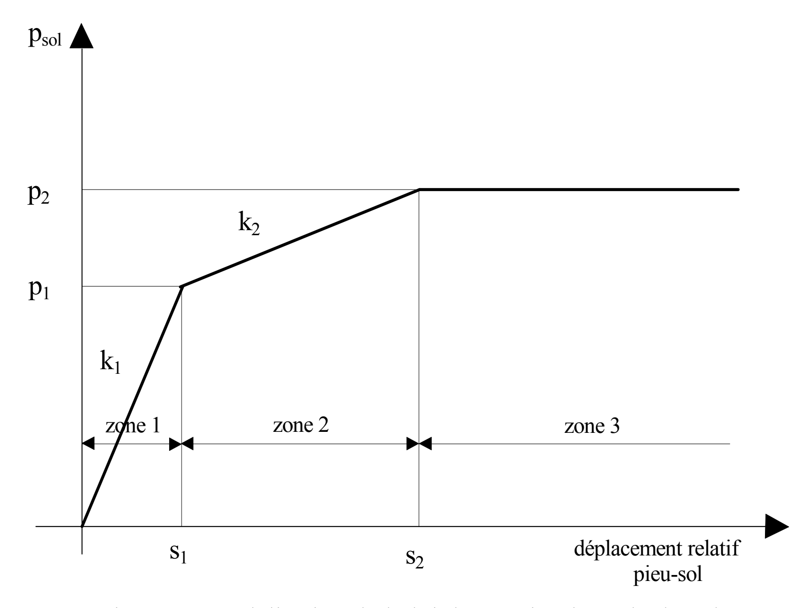


Figure 5 : modélisation de la loi de réaction latérale du sol

Remarques :

1. La loi d'effet de groupe n'est pas prise automatiquement en compte : les caractéristiques mécaniques du sol peuvent être pondérées par des coefficients propres à chaque pieu que l'on définira (Cf. 5.3.8).

2. Le premier segment de la courbe correspond normalement à la superposition de la réaction tangentielle et de la réaction frontale pour un élément de fondation de forme rectangulaire ; le deuxième segment correspond soit à la réaction frontale seule, soit à la réaction tangentielle seule. Pour les pieux circulaires, c'est à dire dans la majorité des cas, ne subsiste qu'un seul palier plastique ($p_1 = 0$) puisqu'il n'y a pas de réaction tangentielle. La numérotation des plages de plasticité restant inchangée au niveau du programme, la zone de plasticité numéro 1 disparaît alors dans ce cas. Ne subsistent plus que la zone 2 et la zone 3. Pour certains calculs, par exemple vis-à-vis des sollicitations accidentelles très brèves (cf. fascicule 62-V, annexe C5), on peut être amené à conduire les justifications à partir d'un diagramme d'interaction à deux paliers pour la seule réaction frontale. S'il n'y a pas de réaction tangentielle (pieu circulaire), le programme reste utilisable en donnant cette signification au diagramme d'interaction à deux paliers du logiciel. Sinon, HADÈS est inopérant puisqu'il faudrait alors prendre un diagramme à trois paliers.
3. Les modules de réaction sont à introduire en kN/m^3. Le programme se charge de faire le produit avec le diamètre du pieu dans le sens du déplacement.

3.3. CONDITIONS AUX LIMITES

La semelle est considérée comme infiniment rigide.

Liaison en pied :

En pied, 4 types de conditions aux limites sont possibles et ceci indépendamment pour chacun des deux plans d'étude du pieu.

1. Liaison libre

Le torseur d'effort est nul $\begin{cases} M = 0 \\ V = 0 \end{cases}$

2. Articulation

Le déplacement est bloqué mais la rotation est libre $\begin{cases} x \text{ (ou } y) = 0 \\ M = 0 \end{cases}$

3. Encastrement

Le déplacement et la rotation sont bloqués $\begin{cases} x \text{ (ou } y) = 0 \\ \omega = 0 \end{cases}$

4. Encastrement élastique

Il y a proportionnalité entre l'effort et le déplacement correspondant $\begin{cases} V = \lambda . x \\ M = \mu . \omega \end{cases}$

Liaison en tête :

Deux types de liaison pieu-semelle sont possibles.

1. Encastrement

Le déplacement en tête du pieu est identique au déplacement du point correspondant de la semelle. En particulier, la semelle étant infiniment rigide, les rotations du pieu et de la semelle sont identiques.

2. Articulation

Le moment en tête du pieu est nul.

3.4. METHODE DE CALCUL

L'équation de la ligne élastique est : EI $x^{(4)} + r (x-g(z)) = 0$

avec r = réaction du sol, courbe spécifique à chaque sous-couche du sol,

g(z) = déplacement libre du sol. Cette courbe doit être, par intervalles, un polynôme de degré inférieur ou égal à 3.

Le déplacement du sol introduit un second membre dans l'équation différentielle. La solution générale analytique est connue sur chaque intervalle d'étude. On considère que, sur chaque tronçon de discrétisation, les caractéristiques mécaniques du sol sont constantes, c'est-à-dire que toutes les sections intermédiaires du pieu correspondent à une même zone d'élasto-plasticité du sol. La finesse de la discrétisation de chaque sous-couche de sol est déterminante pour la précision des calculs. Pour connaître les constantes d'intégration aux bornes de chaque intervalle d'étude, on utilise la méthode des matrices-transfert qui donne une relation entre les coefficients de rigidité (liant efforts et déplacements) au niveau de deux sections consécutives.

Plus précisément, l'ordonnancement du calcul est le suivant :

- des conditions de liaison en pied de chaque pieu, on déduit les coefficients de rigidité du pieu à ce niveau. De proche en proche, en remontant, on détermine les coefficients de rigidité en tête de chaque pieu.

Les équations d'équilibre de la semelle permettent d'écrire :

- efforts transmis à la semelle = f_1 (efforts en tête des pieux),

si f_2 = rigidité en tête des pieux :

- efforts en tête des pieux = f_2 (déplacements en tête des pieux).

Les équations de compatibilité des déplacements donnent :

- déplacements en tête des pieux = f_3 (déplacements de la semelle).

D'où : efforts transmis à la semelle = $f_1 \circ f_2 \circ f_3$ (déplacement de la semelle).

- par composition et inversion, on détermine ainsi le déplacement de la semelle, puis les déplacements et les efforts en tête de pieux. En redescendant et de proche en proche, on calcule pour chaque pieu les efforts et les déplacements au niveau de chaque section indiquée par le découpage choisi par l'utilisateur.

Le problème étant non linéaire, il se résout par itérations (Cf. Annexe 7.1 pour plus de détails).

HADÈS permet de prendre en compte la superposition de charges de longue et de courte durée d'application (selon un processus décrit en annexe 7.2).

Limites de la méthode :

- Le programme ne donne l'effort normal qu'en tête de pieu, puisqu'il n'y a prise en compte ni du frottement négatif éventuel, ni du frottement latéral mobilisé.

3.5. LIMITES DU PROGRAMME

- La base de données est dimensionnée comme indiqué ci-après.

  nombre maximal de pieux = 150
  nombre maximal de types de géométries = 5
  nombre maximal de types de matériaux = 3
  nombre maximal de courbes de déplacement de sol = 3
  nombre maximal de points de calcul par pieu = 500
  nombre maximal de couches de sol = 12
  nombre maximal de cas de charge = 15
  (soit 15 cas de charges instantanées et 15 cas de charges différées).

4. STRUCTURE DES DONNEES

Les données sont constituées par :

- la description de la fondation,
- la description de son environnement : le sol,
- les actions extérieures.

4.1. LA FONDATION

La description de la fondation se compose de :

- la géométrie de chaque pieu,
- le matériau de chaque pieu,
- la position des pieux dans l'espace,
- les conditions aux limites.

Pour éviter d'introduire plusieurs fois la même géométrie ou le même matériau pour une série de pieux identiques composant la fondation, ce qui est souvent le cas, on définit des types de géométrie, des types de matériaux et c'est lors de la définition physique de chaque pieu comportant sa position qu'on lui attribuera un type de géométrie ou un type de matériau. Le principe est identique pour les courbes de déplacement libre du sol.

Exemple :

===>	
creer typmat acier	le type de matériau n°1 est de l'acier.
materiau 1	
creer pieu 2 typmat 1	on attribue au pieu n°2 le type de matériau 1.

Les numéros des types de géométrie et des types de matériaux sont déterminés, à la création, par le programme et sont retournés à l'utilisateur. Afin d'optimiser la gestion des pieux (création, modification, destruction), la numérotation de ceux-ci est par contre laissée au libre choix de l'utilisateur.

On peut prendre en compte une variation discrète de EI pour le pieu, mais une seule (ex: pieu béton à chemise perdue). Dans ce cas, on attribuera au pieu considéré deux types de matériau avec indication de la cote de changement de matériau (commandes TYPMAT1, TYPMAT2 et COTCHG). Sinon, il suffira d'utiliser la commande TYPMAT1.

Pour chaque pieu, on attribuera une courbe de déplacement de sol dans chacun des deux plans d'étude.

4.2. LE SOL

On découpe le sol en couches. A chaque couche de sol correspond une loi de réaction du sol définie par deux modules de réactions k_1 et k_2 et deux seuils : soit deux déplacements s_1, s_2 soit deux pressions limites p_1 et p_2. La réaction du sol est fonction du déplacement relatif du pieu par rapport au sol.

Les couches de sol sont définies à partir du haut par leur épaisseur à l'aplomb du point 0 du repère de référence et par deux angles fixant la face inférieure de la couche considérée. En effet, les interfaces de couches, tout en devant rester planes, peuvent être soit horizontales (parallèles au plan XOY) soit avoir un pendage. Le premier angle fixe le pendage par rapport au plan XOZ, le deuxième par rapport au plan YOZ.

Pour chaque couche de sol, on définit un nombre de sous-couches qui fixera les sections de calcul du programme, donc la discrétisation. La couche de sol sera découpée en un nombre de sous-couches dont la trace sur chaque pieu donne des points d'intersection équidistants.

Le pas de discrétisation le long de chaque pieu sera donc constant pour un pieu et une couche déterminée mais fonction de son inclinaison.

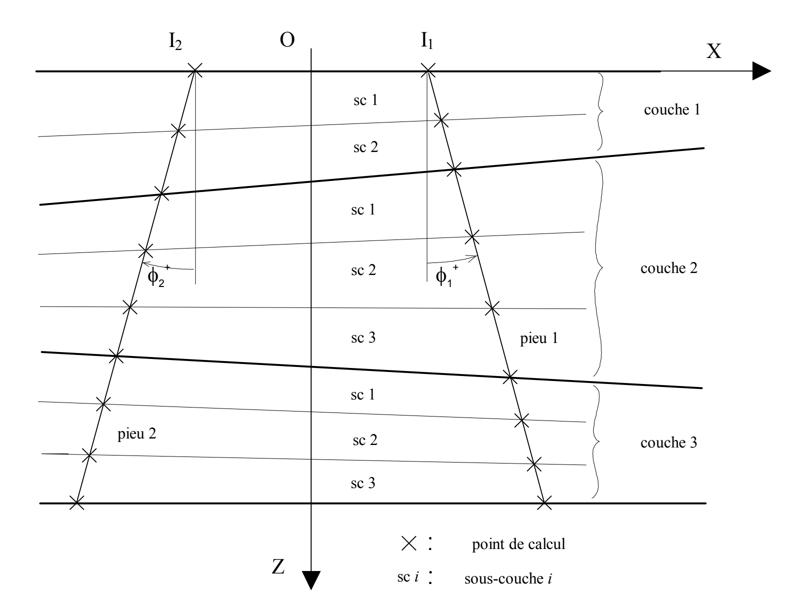


Figure 6 : définition des points de calcul

Les caractéristiques des couches de sol seront introduites dans chacun des deux plans d'étude et pour chacun des deux types de sollicitations (instantanées ou soutenues). Si on les introduit par les paramètres de l'essai pressiométrique (E_m, α, p_f, q_s), le programme prend en compte la géométrie réelle du pieu.

4.3. LES ACTIONS EXTERIEURES

4.3.1. LE TORSEUR DES EFFORTS EXTERIEURS APPLIQUE EN O

On distingue les efforts instantanés (courte durée) et les efforts soutenus ou permanents (longue durée). On peut introduire dans la base des données plusieurs cas de charges, jusqu'à 6 pour la configuration standard.

4.3.2. LE DEPLACEMENT LIBRE DU SOL

On définit des courbes de déplacement horizontal du sol qu'on attribuera aux différents pieux et dans chaque plan d'étude. Si cette courbe est définie par tronçons de polynômes, on prendra la précaution de s'assurer que les bornes des intervalles d'étude ainsi définis correspondent aussi à des points de calcul. Il n'est pas nécessaire de définir les courbes sur la totalité de la longueur des pieux. Le déplacement du sol n'intervient que dans le calcul des sollicitations de longue durée. D'autre part, il est rappelé que le déplacement du sol doit être orthogonal à l'axe du pieu. Si le pieu est incliné, seule la composante normale à la direction du pieu sera retenue.

5. UTILISATION DU PROGRAMME

L'utilisateur communique avec le programme par un langage de commandes à mots-clés développé avec ANALEX (Analyseur Lexical) qui assure le décodage lexicologique et le contrôle syntaxique. D'autre part, un large recours aux valeurs par défaut est fait par le logiciel en l'absence de données entrées par l'utilisateur. Enfin, certaines méthodes de détermination de paramètres proposés par le fascicule 62 - titre V, relatif au calcul des fondations, peuvent être appelées à son initiative.

Le message d'attente d'une commande est "===>". Vous avez alors la main.

L'expression générale d'une commande est :

nom de commande + nom d'objet + numéro d'objet + nom d'attribut + valeur

Certaines commandes ne présentent pas tous ces éléments.

Notez bien :

- le caractère "+" ne fait pas partie de la commande,
- deux mots doivent être séparés par un "espace" au minimum,
- vous pouvez utiliser indifféremment les minuscules ou les majuscules.

Les commandes de génération de données peuvent être :

- soit introduites directement au clavier,
- soit "insérées", c'est à dire lues à partir d'un fichier (commande INSERER + nom de fichier). Comme expliqué plus loin, ce fichier peut être créé automatiquement en fin d'exécution de HADÈS. En pratique, il n'y a jamais lieu de le créer manuellement.

Dans le premier cas, si le nombre de valeurs numériques attendues par le programme est au moins égal à deux, le programme retourne systématiquement un écho à l'écran (en italiques dans l'exemple suivant) rappelant la nature des valeurs à introduire.

Exemple :

```
===>
creer geo rect
GEOMETRIE : 1
ENTRER DX et DY, dimensions du pieu suivant X et Y ( en m.)
5 0.60
entrer le coefficient beta
0.1
===>
```

Dans le second cas, le fichier inséré doit contenir la succession des commandes de données. En reprenant l'exemple ci-dessus, le fichier à insérer doit contenir :

```
creer geo rect 5 0.60 0.1
```

Au cours d'une session, toutes les commandes correctes de données introduites au clavier ou insérées par lecture d'un fichier, sont automatiquement mémorisées. En fin de session, il est possible de les sauvegarder dans un fichier de commandes. Le contenu de ce fichier est compatible avec la commande "INSERER".

Un fichier de données peut également être créé à tout moment par la commande ENREGISTRER ; ce fichier peut ensuite être relu par la commande CHARGER.

N.B. : Les fichiers créés par la commande "SAUVER DONNEES" ne peuvent pas être relus par le programme HADÈS. Les fichiers créés avec les versions antérieures à la version 5.1 de HADÈS peuvent toutefois être convertis au format compatible avec la commande CHARGER à l'aide de l'utilitaire "conv_don.exe" fourni avec HADÈS.

- Toute commande introduite, soit directement au clavier, soit lue par insertion d'un fichier de commandes, est interprétée et vérifiée par le programme (contrôle syntaxique et numérique, cohérence des données). Si une erreur est détectée, un message est renvoyé puis :

  ⇒ Si vous êtes en saisie clavier, l'interpréteur garde le contexte de la commande débutée et attend votre rectification.

  ⇒ Si vous êtes en cours de lecture d'un fichier inséré, l'exécution d'HADÈS est abandonnée. Vous devez alors corriger votre fichier erroné puis relancer HADÈS. A noter que, pour une localisation aisée de l'erreur, le programme vous indique la ligne de commande erronée.

- Les caractères spéciaux suivants sont interprétés comme suit :

  "**!**" Un point d'exclamation permet d'abandonner une commande en cours (le programme affiche alors le message d'attente). Cette fonctionnalité est toutefois inopérante lors des saisies de valeurs numériques. Dans ce cas, il faut introduire des valeurs quelconques jusqu'à ce que le programme demande une saisie de caractères et provoquer l'abandon à ce moment là.

  "**?**" Un point d'interrogation permet à tout moment de bénéficier d'une aide contextuelle en indiquant ce que le programme attend. (Tout en poursuivant la commande en cours)

  "**%**" ou "**$**" : ces caractères sont interprétés comme des débuts de commentaires. Ils sont utiles notamment dans des fichiers de commandes à insérer : tout ce qui suit ces caractères, jusqu'à la fin de la ligne, est ignoré.

Conclusion et conseils pratiques :

- Commencez toujours par introduire vos commandes au clavier. Toutes les commandes correctes de données sont mémorisées et peuvent être sauvées en fin de session. Les commandes abandonnées en cours de route, l'introduction de mots erronés, et toutes les commandes autres que celles définissant les données ne sont pas mémorisées.
- Si vous voulez modifier ou compléter un fichier de commandes, deux solutions :

  - soit vous insérez ce fichier (INSERER + nom du fichier), vous frappez vos commandes complémentaires, puis vous sauvez le tout dans un nouveau fichier de commandes, en quittant HADÈS. Vous bénéficiez, dans ce cas, d'un contrôle immédiat de vos données.

  - soit vous réalisez une copie d'un fichier de commandes et vous l'éditez pour la modifier. Aucune contrainte de format n'est à respecter. Le contrôle des données introduites ne sera effectué qu'à l'insertion du fichier.

Unités employées dans HADÈS :

- longueur : le mètre (m),
- force : le kilonewton (kN),
- angle : le degré en entrée, pour le pendage des couches et la définition géométrique des pieux, le radian en sortie pour le déplacement des pieux, conformément à l'usage,
- pression : le kilopascal (kPa),
- moment : le kilonewtonmètre (kN.m).

Conventions utilisées dans la description des commandes :

Les accolades "{ }" indiquent une option obligatoire.

Les parenthèses "( )" indiquent un élément de commande facultatif.

Pour chaque mot-clé, si elle existe, l'abréviation minimale requise par le programme apparaît en gras.

5.1. PARAMETRES DE L'APPLICATION

A l'installation, les fichiers ci-dessous sont copiés dans repertoire cible de l'exécutable (intitulé "HADES" par défaut) :

hades.exe	Programme exécutable.
hades.aid	Fichier contenant des pages d'aide à l'utilisation du logiciel et appelé par la commande AIDE.
hades.msg	Fichier regroupant la majorité des messages envoyés à l'utilisateur.
hades.geo	Bibliothèque de géométries de pieux, dans laquelle sont référencés en standard tous les profilés HP disponibles sur le marché. Si vous souhaitez y ajouter d'autres géométries de pieux (Cf. chapitre 5.3.1).
hades.ico	Icône relatif à l'application Hadès.
ex1.dat	Fichier correspondant à un exemple fourni pour tester le logiciel (voir guide d'installation ou chapitre 7.7.3.1 du présent document).
conv_don.exe	Logiciel permettant de convertir des fichiers de données issus des versions antérieures à la version 5.1 de Hadès au format de fichier de données compatible avec la commande CHARGER.
install.log	Fichier utilisé pour la désinstallation du logiciel Hadès.
unstall.exe	Logiciel de désinstallation du logiciel Hadès.
win.cnx	Contrôle la fenêtre graphique GKS.
param.gks	Fichier de définition des pilotes graphiques GKS.

Contenu du sous-répertoire "gks" :

win.cnx	*epai.pol*	*motifs.tab*	*psc_p_a4.pil*	fichiers nécessaires à l'emploi des fonctions graphiques.
w32.pil	*fila.pol*	*polices.tab*	*psc_l_a4.pil*	
win.cou	*lignes.tab*	*simp.pol*	*tim_i.psc*	
win.poh	*marque0.pol*	*psc.ini*	*hpl_p.pil*	
gdi.cou	*marque1.pol*	*psc.cou*	*hpl_l.pil*	
gdi.pil	*marques.tab*	*psc.poh*	*hpl.cou*	
gdi.poh	*motif.pop*			

En standard, HADÈS est fourni avec les cinq pilotes graphiques suivants :

n°	désignation	format	couleurs	affichage
01	Windows	paramétrable	256	écran
02	GDI	selon imprimante		imprimante ou fichier
03	POSTCRIPT	A4 portrait	16	fichier
04	POSTCRIPT	A4 paysage	16	fichier
05	HPGL	A4 portrait	16	fichier
06	HPGL	A4 paysage	16	fichier

1. HADÈS fonctionne avec les pilotes Windows suivants : 3.XX, 9.X, NT, 2000, XP et Vista 32 bits. La résolution du pilote Windows est définie dans le fichier "w32.pil".
2. Le pilote GDI permet d'effectuer des impressions sur toute imprimante accessible depuis Windows, soit directement sur l'imprimante, soit sur un fichier.
3. 4. 5. 6. Les pilotes Postscript et HPGL permettent de créer un fichier au format correspondant.

5.2. LISTE DES COMMANDES

5.2.1. COMMANDES DE GESTION DES DONNEES

C*REER*
M*ODIFIER*
L*ISTER*
D*ETRUIRE*
S*AUVER*
C*HARGER*
EN*REGISTRER*
I*NSERER*
I*NITIAL*

5.2.2. COMMANDES DE GESTION DES SORTIES

D*ESSINER*
E*XECUTER*
R*ESULTAT*
R*ECALCUL*
Q*UITTER*
S*AUVER*

5.2.3. AUTRES COMMANDES

A*IDE*
P*ILOTE*
N*ITER*
C*ONFIG*
A*CTIVE*
I*NHIBE*

5.3. LES COMMANDES CREER-MODIFIER-LISTER

5.3.1. LES TYPES DE GEOMETRIE

$$\textbf{C}\textit{REER} + \textbf{G}\textit{EOMETRIE} + \begin{Bmatrix} \textbf{CI}\textit{RC} \\ \textbf{R}\textit{ECT} \\ \textbf{S}\textit{PEC} \\ \textbf{H}\textit{P} \end{Bmatrix}$$

$$\textbf{M}\textit{ODIFIER} + \textbf{G}\textit{EOMETRIE} + \text{numéro} + \begin{Bmatrix} \textbf{CI}\textit{RC} \\ \textbf{R}\textit{ECT} \\ \textbf{S}\textit{PEC} \\ \textbf{H}\textit{P} \end{Bmatrix}$$

Le numéro de la géométrie est déterminé par le programme et renvoyé à l'écran lors de la création. Bien entendu, il faut indiquer ce numéro pour une modification.

<u>Attention</u> : Le caractère "+" ne fait pas partie de la commande.

CI*RC* = pieu circulaire plein et homogène (densité volumique constante)
R*ECT* = pieu rectangulaire plein et homogène
S*PEC* = pieu spécial
H*P* = pieu HP

Bien que la version présente de HADÈS n'utilise pas l'inertie de torsion, les calculs se limitant à la flexion, le programme vous demande néanmoins un coefficient β (géométrie rectangulaire) ou une inertie de torsion (géométrie spéciale).

L'attribut SPEC permet de définir directement les dimensions de la section droite (Cf. Figure 7), les inerties de flexion et de torsion et l'aire du pieu.

La quasi-totalité des pieux HP disponibles sur le marché (29 profils) sont référencés en bibliothèque dans le fichier hades.geo. Il est possible d'ajouter à cette bibliothèque les caractéristiques géométriques d'autres sections. Il suffit d'éditer le fichier hades.geo et de respecter la syntaxe suivante :

Une géométrie "HP" occupe une ligne. En tête, vous indiquez le nom de la géométrie entre cotes (8 caractères maximum), puis ses caractéristiques mécaniques (Inertie XZ, dimension DX de la section droite en X, inertie YZ, dimension DY de la section droite en Y, inertie de torsion, Aire) sans aucune contrainte de format.

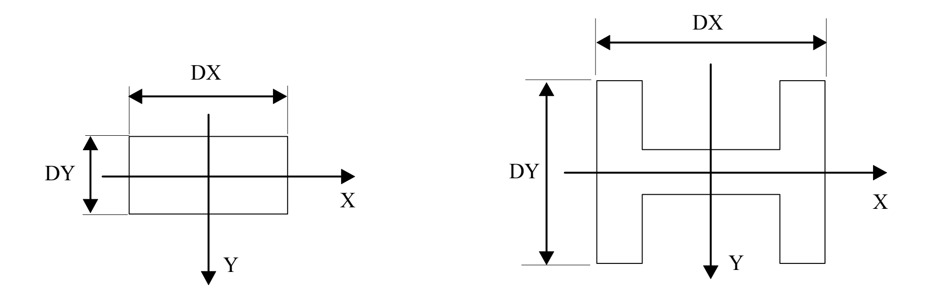


Figure 7 : dimensions de la section droite d'un pieu

Pour contrôler la saisie, tapez **L***ISTER* **G***EOMETRIE*.

Vous remarquerez que l'inertie de torsion apparaît bien qu'elle ne soit pas utilisée.

5.3.2. LES TYPES DE MATERIAU

$$\mathbf{C}\mathit{REER} + \mathbf{M}\mathit{ATERIAU} + \begin{Bmatrix} \mathbf{B}\mathit{ETON} \\ \mathbf{A}\mathit{CIER} \\ \mathbf{S}\mathit{PEC} \end{Bmatrix}$$

$$\mathbf{M}\mathit{ODIFIER} + \mathbf{M}\mathit{ATERIAU} + \text{numéro} + \begin{Bmatrix} \mathbf{B}\mathit{ETON} \\ \mathbf{A}\mathit{CIER} \\ \mathbf{S}\mathit{PEC} \end{Bmatrix}$$

Le numéro du matériau est déterminé par le programme et renvoyé à l'écran lors de la création. Bien entendu, il faut indiquer ce numéro pour une modification.

Pour le béton, les formules utilisées par le programme sont :

$E_i = 11000 \sqrt[3]{f_c}$ — f_c est la résistance conventionnelle du béton définie à l'article A.3.1.2 du fascicule 62-V du CCTG. (f_c en MPa)

$E_v = 3700 \sqrt[3]{f_c}$

$\nu = 0$ ou 0.2 — 0 si le béton est fissuré, 0.2 sinon.

Pour l'acier :

$E'_i = E'_v = 200\,000$ MPa

Pour s'affranchir de ces formules, on rentrera, à l'aide de l'attribut **S***PEC*, directement le module d'Young et de Coulomb.

Pour contrôler la saisie, tapez **L***ISTER* **M***ATERIAU*

5.3.3. LES COURBES DE DEPLACEMENT g(z) DU SOL

$$\textbf{C}\mathit{REER} + \textbf{D}\mathit{EPSOL} + \left\{\begin{array}{c}\textbf{N}\mathit{UL}\\ \textbf{PO}\mathit{INT}\\ \textbf{POL}\mathit{Y}\\ \textbf{REG}\mathit{L}\end{array}\right\}$$

$$\textbf{M}\mathit{ODIFIER} + \textbf{D}\mathit{EPSOL} + \text{numéro} + \left\{\begin{array}{c}\textbf{N}\mathit{UL}\\ \textbf{PO}\mathit{INT}\\ \textbf{POL}\mathit{Y}\\ \textbf{REG}\mathit{L}\end{array}\right\}$$

Le numéro de déplacement du sol est déterminé par le programme et renvoyé à l'écran lors de la création. Bien entendu, il faut indiquer ce numéro pour une modification.

Cette commande permet de définir les courbes de déplacement horizontal libre du sol selon trois modes différents : point par point, par polynômes ou d'après le règlement.

Attention : La définition des courbes doit être donnée dans le repère général de la fondation (Cf. figure 1). Chaque courbe représente donc la composante suivant X ou Y du déplacement du sol en fonction de Z. Le programme calcule lui-même les composantes du déplacement du sol dans le repère local propre à chaque pieu (Cf.5.3.4).

- POINT permet une définition point par point de la courbe. Pour le calcul, le déplacement sera une ligne brisée. Attention ! : les points entrés doivent nécessairement être des points de calcul.
- POLY permet une définition par tronçons de polynômes de degré inférieur ou égal à 3. Attention ! : les bornes de chaque tronçon doivent coïncider avec des points de calcul.

Remarques :

1. Si une courbe g(z) n'est pas définie sur la totalité de la longueur du pieu intéressé, le programme attribuera, par défaut, la valeur nulle au déplacement du sol sur l'intervalle à l'extérieur de l'ensemble de définition de g(z).
2. S'il n'y a pas de déplacement de sol, il faut créer une fonction nulle par la commande CREER DEPSOL NUL ; aucune courbe de déplacement de sol n'est créée par défaut.
3. Si le pieu sur lequel s'applique le déplacement de sol est incliné, seule la composante normale à l'axe du pieu sera prise en compte dans le calcul. La composante portée par la direction du pieu est inutilisée puisqu'il n'y a pas prise en compte du frottement latéral.

Le calcul prend en compte les dérivées à gauche et à droite successives de la fonction g(z). Vous pouvez entrer des discontinuités dans les dérivées des fonctions, ainsi que dans les courbes g(z) elles-mêmes.

- REGL permet de se référer au fascicule 62 - titre V du CCTG.

  La formule utilisée par le calcul est : $g\ (z) = G(Z)\ .\ (g_{max}\ (0) + \Gamma\ .\ \Delta s)$ dans la couche compressible d'épaisseur D.

  Attention : Les extrémités de la couche compressible doivent correspondre à des points de calcul.

  G (Z) est une courbe-type choisie parmi les deux courbes suivantes :

  on pose $Z = z / D$

  - courbe 1 : $G(Z) = 1{,}83\ Z^3 - 4{,}69\ Z^2 + 2{,}13\ Z + 0{,}73$

    à utiliser en général.

  - courbe 2 : $G(Z) = 2\ Z^3 + 1{,}5\ Z + 0{,}5$

    à utiliser lorsque la couche de surface est moins déformable que les couches profondes.

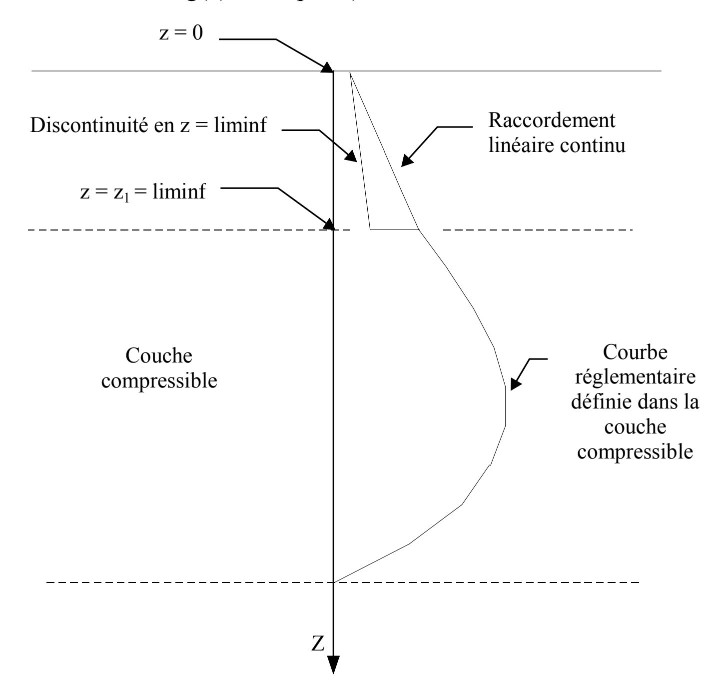
  $g_{max}(0)$ est le déplacement du sol à la fin de la construction du remblai (Cf. annexe 7.4). Γ est un coefficient qui varie notamment en fonction de la pente du talus de remblai.

  Δs est le tassement total des sols compressibles après construction du remblai ou du pieu.

  Pour plus d'information sur ces paramètres, voir l'annexe G3 du fascicule 62 titre V.

  Si le sommet de la couche compressible (liminf) ne correspond pas à la cote z = 0, le programme demande la valeur de g(z) en z = 0.

Si de plus l'utilisateur ne souhaite pas un raccordement linéaire continu entre cette valeur (en z = 0) et la valeur à la cote z = liminf, une nouvelle valeur de g(z) en z = liminf doit être fournie. (Il y a alors une discontinuité de g(z) en ce point).



A la base de la couche compressible, le déplacement du sol est nul et reste nul au-delà.

Pour contrôler la saisie des données, taper :

L*ISTER* **D***EPSOL*

5.3.4. LA DESCRIPTION DES PIEUX

$$\left\{\begin{matrix}\textbf{C}\mathit{REER}\\ \textbf{M}\mathit{ODIFIER}\end{matrix}\right\} + \textbf{P}\mathit{IEU} + \text{numéro du pieu} + \left\{\begin{matrix}\textbf{TYP}\mathit{GEO}\ (df = 1)\\ \textbf{TYPMAT1}\ (df = 1)\\ \textbf{TYPMAT2}\ (df = 1)\\ \textbf{TYPGZX}\ (df = 1)\\ \textbf{TYPGZY}\ (df = 1)\\ \textbf{COTCHG}\ (df = 50m)\\ \textbf{COORXY}\ (df = 0)\\ \textbf{COORZ}\ (df = 0)\\ \textbf{L}\mathit{ONGU}\ (df = 0)\\ \textbf{TET}\mathit{A}\ (df = 0)\\ \textbf{PH}\mathit{I}\ (df = 0)\\ \textbf{PS}\mathit{I}\ (df = 0)\end{matrix}\right\}$$

Le numéro du pieu est :

- soit un entier strictement postif,
- soit 0, auquel cas la commande sera appliquée à tous les pieux. Cette option permet de simplifier la définition des données lorsque certaines caractéristiques sont communes à tous les pieux.

La position du pieu est définie par les coordonnées de sa tête (COORXY, COORZ) dans le repère absolu, par sa longueur LONGU et par les angles TETA et PHI fixant son axe. PSI, angle de rotation axiale permet de fixer le repère local lié au pieu (Cf. figure 2).

TYPGEO est le numéro du type de géométrie qu'on attribue au pieu.

TYPMAT1 est le numéro du type de matériau qu'on attribue au pieu de sa tête à la cote COTCHG.

TYPMAT2 est le numéro du type de matériau qu'on attribue au pieu au-delà de la cote COTCHG.

TYPGZX (resp. TYPGZY) est le numéro de la courbe de déplacement de sol qui s'applique le long du pieu dans la direction X (resp. direction Y) du repère général de la fondation. Le programme se charge alors de calculer les composantes du déplacement du sol dans le repère local du pieu considéré, suivant Xi et Yi. La transformation est la suivante :

$$\begin{pmatrix} g_{zXi} \\ g_{zYi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta\ \cos\phi & \sin\theta \sin\phi \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_{zX} \\ g_{zY} \end{pmatrix}$$

Remarquer que par défaut, les types attribués correspondent au type n°1. Ceci ne dispense pas de les définir, en l'absence de quoi une erreur à l'exécution fera sortir du programme.

La référence à un type d'objet (géométrie, matériau, courbe de sol) n'est possible que si cet objet a été préalablement défini.

Remarques :

1. La numérotation des pieux est choisie par l'utilisateur.

2. Un large recours aux options par défaut est possible. Les valeurs par défaut sont indiquées par "df=".

3. Pour contrôler la saisie, tapez : **L***ISTER* **P***IEU*.

5.3.5. LES CONDITIONS DE LIAISON

$$\left\{\begin{matrix}\textbf{C}\textit{REER}\\ \textbf{M}\textit{ODIFIER}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}\textbf{LIMITX}\\ \textbf{LIMITY}\end{matrix}\right\} + \text{numéro du pieu} + \left\{\begin{matrix}\textbf{E}\textit{NCAS}\\ \textbf{AR}\textit{TIC}\\ \textbf{L}\textit{IBRE}\text{ (df)}\\ \textbf{ENCAS_ ELAS}\\ \textbf{SARTIC}\\ \textbf{SENCAS}\text{ (df)}\end{matrix}\right\}$$

SARTIC et SENCAS concernent exclusivement la liaison en tête.

Si les conditions de liaison en pied sont identiques pour tous les pieux, une mise en facteur est possible en indiquant 0 en lieu et place du numéro du pieu.

Ces commandes permettent d'indiquer les conditions de liaison en pied du pieu dans chacune des deux directions X ou Y de son repère local : encastrement (ENCAS), articulation (ARTIC), liaison libre (LIBRE) ou encastrement élastique (ENCAS_ELAS). Dans ce dernier cas, il faut entrer les deux rapports entre moment et rotation d'une part, effort tranchant et translation d'autre part.

Par défaut, les pieux sont libres en pied. Au-delà d'une certaine longueur de pieu et en l'absence de déplacement de sol, les conditions de liaison en pied n'ont guère d'importance sur la répartition des moments de flexion en section courante ; les efforts diminuant très vite avec la profondeur, on retrouvera les résultats d'une liaison libre. En tête, la condition de liaison par défaut est l'encastrement du pieu dans la semelle (SENCAS). Dans certains cas, on peut être amené à devoir considérer une articulation du pieu sur la semelle (SARTIC).

Exemple : `CREER LIMITX 0 ENCAS`

Pour contrôler la saisie, frapper : **L***ISTER* **L***IMIT*.

5.3.6. LA DESCRIPTION DU SOL

$$\left\{\begin{matrix}\textbf{C}\textit{REER}\\ \textbf{M}\textit{ODIFIER}\end{matrix}\right\} + \textbf{GEOSOL} + \left\{\begin{matrix}\textbf{TO}\textit{PO}\\ \textbf{DE}\textit{COUPE}\end{matrix}\right\}$$

TOPO permet d'entrer la géométrie du sol : nombre de couches de sol, épaisseur des couches, pendage des interfaces. Par défaut, les couches sont horizontales.

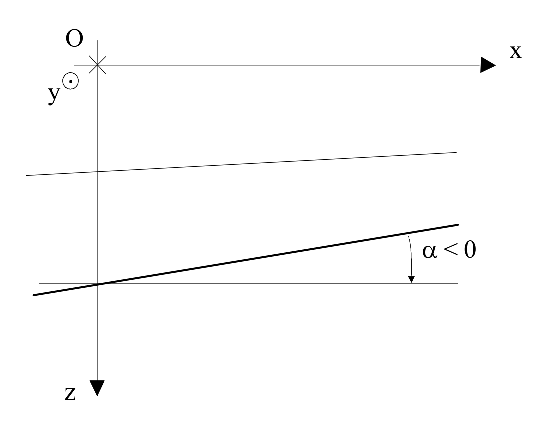


Figure 8 : convention d'orientation du pendage d'une interface de sol

DECOUPE permet de découper chaque couche de sol en sous-couches dont l'intersection avec chaque pieu définit des points de calcul équidistants.

Cette discrétisation fixe les sections intermédiaires de calcul pour chaque pieu.

<u>A noter</u> : les abscisses mesurées sur l'axe des pieux des sections de calcul ne sont identiques d'un pieu à l'autre que si ceux-ci sont verticaux.

Attention : Si l'extrémité d'un pieu ne coïncide pas avec un point de discrétisation, c'est-à-dire un point de calcul, le dernier point de calcul retenu par le programme sera le point de discrétisation immédiatement avant (au-dessus), ceci pour que les points se situent tous physiquement sur le pieu. Si le maillage est insuffisant à l'extrémité du pieu, vous pouvez localement l'affiner en créant artificiellement une couche de sol supplémentaire dans laquelle se situera l'extrémité du pieu.

Le contrôle de la saisie se fait par la commande **L***ISTER* **G***EOSOL*.

5.3.7. LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU SOL

Deux modes de définition sont possibles mais le mode de définition choisi doit être le même pour toutes les couches :

1. Définition directe.

$$\left\{\begin{matrix}\mathbf{C}\textit{REER}\\ \mathbf{M}\textit{ODIFIER}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{MECSOL_CTX}\\ \mathbf{MECSOL_CTY}\\ \mathbf{MECSOL_LTX}\\ \mathbf{MECSOL_LTY}\end{matrix}\right\} + \text{numéro de couche} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{M}\textit{ODULE}\\ \mathbf{DEP}\textit{LIM}\\ \mathbf{PL}\textit{IM}\end{matrix}\right\}$$

La référence à une couche de sol n'est possible que si cette couche de sol a été préalablement définie.

Des contrôles de cohérence sur les valeurs introduites sont effectués à ce niveau.

Les modules doivent être introduits en kN/m^3 : le programme se charge de faire le produit avec le diamètre du pieu dans le sens du déplacement. Les modules sont les pentes des courbes de réaction du sol et non pas des modules pressiométriques auquel cas il faut choisir le mode de définition d'après un essai pressiométrique (Cf. ci-dessous).

Les pressions limites PLIM des courbes de réaction seront données en kPa. Pour des raisons tenant à la programmation, aucun des deux modules ne peut être nul. S'il n'existe donc qu'un seul palier plastique, indiquez 0 pour le premier seuil de plasticité en déplacement (DEPLIM) ou en pression (PLIM).

Attention : Les déplacements limites (DEPLIM) ne peuvent être introduits qu'après avoir défini soit les modules, soit les pressions limites (PLIM). En cas de non respect de cette prescription, HADES signale une erreur.

2. Définition réglementaire courante (fasc. 62.V) d'après un essai pressiométrique :

$$\left\{\begin{matrix}\mathbf{C}\textit{REER}\\ \mathbf{M}\textit{ODIFIER}\end{matrix}\right\} + \mathbf{MECSOL_R}\textit{EGL} + \text{numéro de couche} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{COE}\textit{F}\\ \mathbf{AF}\textit{FV}\end{matrix}\right\}$$

dans ce dernier cas, à la suite de la commande COEF, il faut entrer :

- E_M : module pressiométrique ($E_M > 0$) en kPa,
- α : coefficient sans dimension caractérisant le sol (voir tableau ci-dessous), $0 < \alpha \leq 1$,
- p_f : pression de fluage (réaction frontale) en kPa, $p_f > 0$
- q_s : frottement unitaire limite en kPa (pour sa détermination voir Annexe 7.5) $q_s \geq 0$.

Conformément au fascicule 62 titre V (annexe C5), le module k_f relatif aux sollicitations de courte durée (identique pour la réaction frontale seule et latérale seule) est calculé par la formule suivante :

$$B.k_f = 12\,E_M \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{B_0}{B} \left(2{,}65 \frac{B}{B_0} \right)^{\alpha} + \alpha \right)^{-1} \quad pour\ B \geq B_0$$

$$B.k_f = 12\,E_M \left(\frac{3}{4} \left(2{,}65^{\alpha} \right) + \alpha \right)^{-1} \quad pour\ B < B_0\ avec\ B_0 = 0{,}60m$$

B est la dimension du pieu faisant front au déplacement (si déplacement suivant X, B = DY, cf. figure 7).

Par superposition des réactions latérales et frontales, le premier module sera donc $2k_f$, le second module k_f.

Si L_l est la longueur sur laquelle est calculé le frottement latéral, si X est le sens du déplacement, on a :

$$L_l = Max\ (0, DX - DY)$$

Si p_1 et p_2 sont les pressions limites des courbes de réaction, on a :

$$p_1 = min\left(4q_s\frac{L_l}{DY}, 2\,p_f\right)$$
$$p_2 = \left(p_f + 2q_s\frac{L_l}{DY}\right)$$

Ces formules conduisent à ignorer le frottement latéral sur les géométries circulaires et les petits côtés des barrettes.

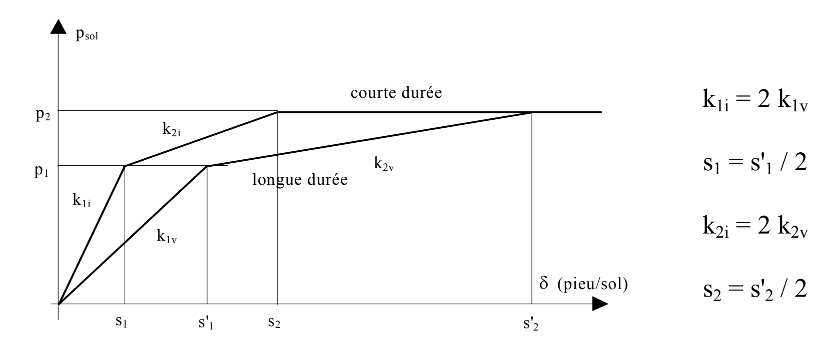
α est un coefficient caractérisant le sol donné par le tableau suivant :

Type	Tourbe	Argile		Limon		Sable		Sable et gravier		Roche	
	α	R/pl	α	R/pl	α	R/pl	α	R/pl	α		α
surconsolidé ou très serré	-	>16	1	>14	2/3	>12	1/2	>10	1/3	très peu fracturé	2/3
normalement consolidé ou normalement serré	1	9-16	2/3	8-14	1/2	7-12	1/3	6-10	1/4	normal	1/2
sous-consolidé et remanié ou lâche	-	7-9	1/2	5-8	1/2	5-7	1/3			très fracturé	1/3
										très altéré	2/3

(extrait du fascicule 62 - titre V : Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil).

AFFV fixe le rapport d'affinité liant la réponse du sol pour des sollicitations à court terme (CT) et à long terme (LT). Par défaut, sa valeur est égale à 2, c'est à dire :

- Le module courte durée est égal à deux fois le module longue durée.
- Les pressions limites relatives aux sollicitations de courte durée d'une part, de longue durée d'autre part, sont identiques.
- Le seuil en déplacement courte durée est égal à la moitié du seuil longue durée.



$k_{1i} = 2\ k_{1v}$

$s_1 = s'_1 / 2$

$k_{2i} = 2\ k_{2v}$

$s_2 = s'_2 / 2$

Figure 9 : loi de réaction du sol courte durée-longue durée

La liaison par ces équations des paramètres d'interaction sol/pieu relatifs aux sollicitations courte durée d'une part, et aux sollicitations longue durée d'autre part, est par défaut également prise en compte dans la définition directe des lois de réaction. Pour désactiver l'option, tapez : INHIBE CTLT (Cf. 5.4.11).

Les caractéristiques mécaniques du sol dans la direction Y sont, par défaut, égales aux caractéristiques dans la direction X. Cette liaison entre les deux plans peut être inhibée par la commande INHIBE XY (Cf. 5.4.11).

Pour vérifier les données prises en compte par le programme, tapez **L***ISTER* **MEC***SOL*.

Si les résultats d'un essai pressiométrique ont été introduits, LISTER MECSOL vous affiche d'une part les données introduites, d'autre part les valeurs calculées.

Les résultats apparaissent géométrie par géométrie. Pour garder une homogénéité de présentation, les modules apparaissent en kN/m^3, dans la même unité que pour une définition directe des coefficients. Pour avoir le module en kN/m^2, il suffit de multiplier chacune des valeurs par le diamètre du pieu perpendiculaire à la direction du déplacement.

Pour chacun des deux modes de définition, les coefficients du sol introduits ou affichés sont toujours hors coefficient d'effet de groupe éventuel.

5.3.8. L'EFFET DE GROUPE

$$\left\{\begin{matrix}\textbf{C}\textit{REER}\\ \textbf{M}\textit{ODIFIER}\end{matrix}\right\} + \textbf{EFF}\textit{ET_GROUPE} + \text{numéro du pieu} + \left\{\begin{matrix}\textbf{F}\textit{RONTAL}\\ \textbf{TA}\textit{NGENT}\end{matrix}\right\} \quad \rho_k \ \ \rho_r$$

- ρ_k est un coefficient qui pondère les modules de la loi de réaction frontale ou tangentielle.
- ρ_r est un coefficient qui pondère les pressions limites de la loi.

Par défaut, ces coefficients valent 1 (pas d'effet de groupe).

Les coefficients mécaniques du sol pris effectivement en compte dans le calcul pour le pieu considéré sont alors :

- modules	$k_f \cdot \rho_{kf}$	au lieu de k_f, pour la réaction frontale
	$k_s \cdot \rho_{ks}$	au lieu de k_s, pour la réaction tangentielle
- pressions	$r_f \cdot \rho_{rf}$	au lieu de r_f, pour la réaction frontale
	$r_s \cdot \rho_{rs}$	au lieu de r_s, pour la réaction tangentielle

Pour plus d'informations, se reporter à l'annexe G1 du fascicule 62 titre V.

Pour contrôler la saisie, taper : **L***ISTER* **EFF***ET_GROUP*

5.3.9. LES EFFORTS EXTERIEURS

Ils sont appliqués au centre O du repère absolu. On dissocie les efforts instantanés (charges d'exploitation) et les efforts soutenus (charges permanentes).

IMPORTANT : Le programme ne prend en compte aucun coefficient de pondération. L'utilisateur devra donc introduire les efforts extérieurs avec, le cas échéant, les pondérations nécessaires.

$$\text{CREER} \quad \left\{\begin{matrix}\textbf{EF}\textit{INST}\\ \textbf{EFD}\textit{IFF}\end{matrix}\right\}$$

$$\text{MODIFIER} \quad \left\{\begin{matrix}\textbf{EF}\textit{INST}\\ \textbf{EFD}\textit{IFF}\end{matrix}\right\} + \text{numéro du cas de charge}$$

Le numéro du cas de charge est déterminé par le logiciel et renvoyé à l'utilisateur lors de la création. Par contre, il doit être indiqué par l'utilisateur pour une modification.

Pour lister les données, tapez **L***ISTER* + $\left\{\begin{matrix}\textbf{EF}\textit{INST}\\ \textbf{EFD}\textit{IFF}\end{matrix}\right\}$

5.4. AUTRES COMMANDES

5.4.1. COMMANDE DETRUIRE

Elle ne s'applique qu'au pieu physique : les antécédents de constitution (type de géométrie, type de matériau subsistent).

Syntaxe de la commande : **D***ETRUIRE* + **P***IEU* + numéro du pieu.

Les types de géométries, les types de matériaux, les courbes de déplacement de sol ne peuvent être détruits mais vous pouvez les écraser en les modifiant.

5.4.2. COMMANDE SAUVER

$$\mathbf{S}\mathit{AUVER} + \begin{Bmatrix} \mathbf{DO}\mathit{NNEES} \\ \mathbf{RES}\mathit{ULTAT} \end{Bmatrix}$$

La commande SAUVER permet de créer des fichiers offrant une présentation lisible des données ou des résultats. Ces fichiers sont destinés à être imprimés ou intégrés dans des rapports. **Ils ne peuvent pas être relus par HADES** (voir commande ENREGISTRER).

SAUVER DONNEES crée un fichier contenant toutes les données définies. Si la définition des données est incomplète, HADES le signale et vous demande confirmation de la commande. Rappel : Le fichier créé ne peut pas être relu par HADÈS.

SAUVER RESULTAT sauvegarde la dernière itération d'un calcul relatif à un cas de charge déterminé pour chaque type d'efforts (instantané/différé). Avant de relancer le calcul avec un autre cas de charge, il est donc nécessaire d'écrire les résultats du calcul précédent dans un fichier par la commande SAUVER RESULTAT. A noter qu'aucune sauvegarde automatique des résultats n'est effectuée, contrairement aux données.

5.4.3. COMMANDE CHARGER

Pour lire un fichier de données (du type de celui créé par la commande ENREGISTRER), tapez CHARGER. Le programme vous demande le nom du fichier à charger.

Attention : aucune erreur n'est gérée avec cette commande.

5.4.4. COMMANDE ENREGISTRER

Cette commande crée un fichier de données pouvant être relu à l'aide de la commande CHARGER. Le programme vous demande le nom du fichier à charger.
Attention : Il est déconseillé de modifier directement le contenu d'un tel fichier car aucune erreur n'est gérée lors du chargement.

5.4.5. COMMANDE INSERER

Cette commande permet de lire un fichier contenant des commandes de définition de données, en particulier tout fichier de commandes pouvant être créé en fin d'exécution de HADÈS. La lecture de ce fichier est interprétée et décèle les erreurs de syntaxe, d'incohérence, de non-appartenance à un domaine de définition.

5.4.6. COMMANDE INITIAL

La commande INITIAL initialise les données, les résultats et affecte les valeurs par défaut. Elle réinitialise également la liste des commandes mémorisées par le programme. Cette commande est automatiquement exécutée au lancement du programme. Elle peut ensuite être appelée à tout moment.

5.4.7. COMMANDE AIDE

Elle permet une assistance en accès séquentiel : elle décrit l'ensemble des commandes disponibles sous une forme synthétique mais exhaustive.

5.4.8. COMMANDE PILOTE

Toute représentation graphique se fait soit à l'écran soit sur imprimante. Le choix du pilote graphique se fait à partir de la comande pilote qui rappelle le pilote courant :

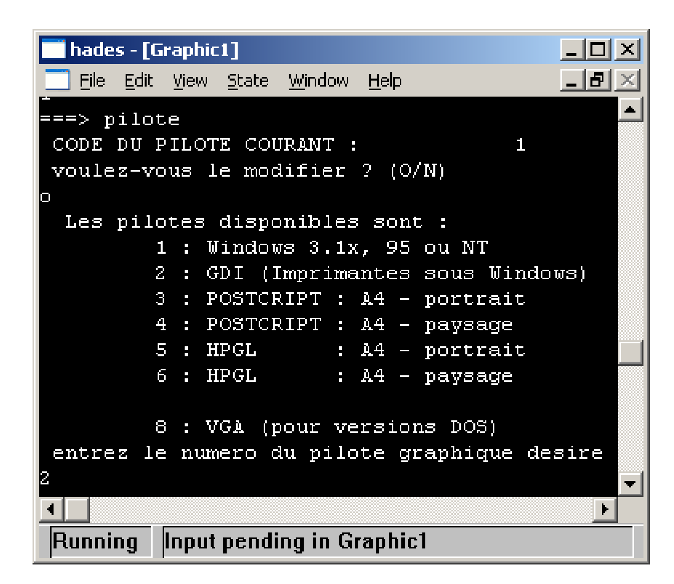
CODE DU PILOTE COURANT : 1
voulez-vous le modifier ? (O/N)

puis liste les pilotes disponibles si la réponse est oui (O) :

Les pilotes disponibles sont :
1 : Windows 3.1x, 95 ou NT
2 : GDI (Imprimantes sous Windows)
3 : POSTCRIPT : A4 - portrait
4 : POSTCRIPT : A4 - paysage
5 : HPGL : A4 - portrait
6 : HPGL : A4 - paysage
8 : VGA (pour versions DOS)
entrez le numero du pilote graphique desire

Remarques : lorsque vous quittez le programme, le dernier pilote sélectionné est mémorisé. A la prochaine utilisation de ce logiciel, c'est ce pilote qui sera sera le pilote courant.

Exemple d'utilisation de la commande "pilote" :



Dans cet exemple, le pilote choisi (2) est le pilote GDI qui vous permettra d'accéder lors de l'exécution des dessins à toutes les imprimantes installées dans le système d'exploitation Windows du PC utilisé.

5.4.9. COMMANDE CONFIG

Affiche le dimensionnement de la base de données. Ce dimensionnement est défini à la compilation du logiciel et ne peut donc pas être modifié par l'utilisateur. En cas de sous-dimensionnement, il est possible de le faire modifier en contactant le service d'assistance du SETRA.

5.4.10. COMMANDE NITER

Rappelle la valeur courante du nombre maximal d'itérations de calcul. Par défaut, elle est initialisée à 5. Dans l'extrême majorité des cas courants, cette valeur est suffisante, c'est-à-dire que soit le calcul a convergé au bout de 5 itérations maximum, soit la fondation n'est plus en équilibre, auquel cas il faut la redimensionner.

Dans certains cas exceptionnels, la convergence est atteinte au bout d'un nombre supérieur d'itérations. il faut alors augmenter cette valeur plafond.

5.4.11. COMMANDE D'ACTIVATION

$$\left\{\begin{matrix}\mathbf{A}\mathit{CTIVE}\\ \mathbf{I}\mathit{NHIBE}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{E}\mathit{CHO}\\ \mathbf{CT}\mathit{LT}\\ \mathbf{X}\mathit{Y}\end{matrix}\right\}$$

Par défaut, toutes ces options sont activées.

ECHO permet d'activer ou non l'écho des résultats intermédiaires à l'écran lors de l'exécution d'un calcul.

XY permet de rendre dépendants ou non les coefficients du sol entre les plans XZ et YZ (formule de dépendance : Cf. 5.3.7).

CTLT permet de rendre dépendants ou non les coefficients du sol courte durée et longue durée (formule de dépendance Cf. 5.3.7).

5.5. DESSINS, CALCULS, EXPLOITATION GRAPHIQUE DES RESULTATS

L'exécution du calcul requiert au préalable une définition complète des données. HADES vérifie donc en premier lieu vos données et refuse le calcul demandé si elles s'avèrent incomplètes. Dans ce cas, le programme vous signale la première donnée manquante détectée.

Avant de lancer le calcul proprement dit, vous pouvez contrôler graphiquement la géométrie d'ensemble de la semelle et les courbes de déplacement libre du sol introduites. La commande est :

$$\boldsymbol{DESS}\mathit{INER} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{SEM}\mathit{ELLE}\\ \mathbf{D}\mathit{EPSOL}\end{matrix}\right\}$$

Vous êtes alors branché sur un menu conversationnel.

Vous pouvez alors :

- soit lancer le calcul avec écho des résultats numériques, itération par itération.

A noter qu'il est possible de supprimer cet écho en tapant INHIBE ECHO avant de lancer le calcul (le retour au mode normal s'effectue en tapant ACTIVE ECHO).

La commande est ACTIVE ECHO ou INHIBE ECHO, puis :

$$\mathbf{EX}\mathit{ECUTER} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{I}\mathit{NST}\\ \mathbf{DIF}\mathit{F}\end{matrix}\right\} + \text{numéro du cas de charge} + \left\{\begin{matrix}\mathbf{P}\mathit{LANX}\\ \mathbf{PLANY}\\ \mathbf{PLANS}\end{matrix}\right\}$$

<u>Attention</u> : veillez à utiliser la commande "PLANS" pour un calcul dans les deux plans et non "PLANX" puis "PLANY" qui aurait pour effet de réinitialiser les résultats correspondant au calcul dans le premier plan.

- soit lancer le calcul avec affichage direct des graphiques des courbes demandées.

La commande est :

$$\textbf{DES}\textit{SINER} + \left\{ \begin{matrix} \textbf{DEPL}\textit{ACEMENT} \\ \textbf{MOM}\textit{ENT} \\ \textbf{TR}\textit{ANCHANT} \end{matrix} \right\} + \text{numéro du cas de charge} + \left\{ \begin{matrix} \textbf{P}\textit{LANX} \\ \textbf{PLANY} \\ \textbf{PLANS} \end{matrix} \right\}$$

Dans ce dernier cas, suit alors un mode conversationnel permettant d'indiquer la nature de la sollicitation, le ou les pieux à représenter ainsi que les échelles.

Cette commande dessine sur le périphérique correspondant au pilote graphique choisi. Si celui-ci correspond à l'écran, le dessin est affiché à l'écran, sinon il est redirigé sur une imprimante ou dans un fichier selon le cas.

DES*SINER* **DEPSEM** permet de visualiser en perspective les déplacements de la semelle et des pieux, une fois le calcul effectué.

Si le calcul a déjà été fait, pour éditer les résultats à l'écran, la commande est la suivante :

$$\textbf{RES}\textit{ULTAT} + \left\{ \begin{matrix} \textbf{I}\textit{NST} \\ \textbf{DIF}\textit{F} \\ \textbf{CUM}\textit{UL} \end{matrix} \right\}$$

Il est possible également de réutiliser la commande DESSINER pour une édition graphique des résultats.

Attention : Cette commande n'édite à l'écran que les résultats correspondant au cas de charge spécifié lors du dernier calcul. Si vous devez passer plusieurs cas de charge, il est donc nécessaire à l'issue de chaque calcul correspondant à un cas de charge déterminé de sauvegarder, le cas échéant, les résultats dans un fichier (commande SAUVER RESULTAT) avant de lancer un nouveau calcul.

Si, après un calcul, vous modifiez vos données et vous voulez à nouveau calculer par la commande DESSINER, vous devez d'abord taper la commande RECALCUL (qui initialise les résultats), sinon le programme ne fera qu'éditer les courbes relatives aux résultats courants du dernier calcul effectué. Par contre, la commande EXECUTER rend inutile l'utilisation de la commande RECALCUL.

Le calcul complet se fait en trois temps :

- exécution du calcul pour des sollicitations de longue durée,
- exécution du calcul pour des sollicitations de courte durée,
- cumul des résultats par la superposition des deux types d'efforts.

Cet ordonnancement des calculs doit être respecté pour mettre en oeuvre l'algorithme de la superposition d'efforts court terme à des efforts permanents (Cf. § 5.3.9).

Si, au contraire, vous voulez étudier indépendamment le comportement de la semelle d'une part sous des sollicitations court terme, d'autre part sous des sollicitations long terme, il faut inverser cet ordre (EX INST puis EX DIFF).

Les résultats sont constitués par :

1. Le déplacement de la semelle dans le repère absolu,

2. les déplacements en tête de chaque pieu dans le repère local correspondant,

3. les efforts en tête de chaque pieu dans le repère local,

4. un tableau pour chaque pieu, par type d'efforts (instantanés, soutenus ou cumul) et par plan. COTE PIEU est la coordonnée du point de calcul mesurée sur ***l'axe du pieu*** (et non pas la profondeur du point). La 2ème colonne comprend un ou deux chiffres valant 1, 2, 3. Le 1er chiffre correspond à la "zone de plasticité" attribuée à la section de calcul et pris en compte dans le calcul. Si le résultat donne pour cette section une zone différente, elle est indiquée par le 2ème chiffre et servira de nouvelle hypothèse de calcul pour l'itération suivante. Les colonnes suivantes donnent le déplacement absolu du pieu dans le repère local, le déplacement relatif pieu-sol, la rotation, le moment et l'effort tranchant dans le repère local (Cf. § 7.7 Exemple d'utilisation).

   Enfin la dernière colonne "PSOL" est la réaction du sol (= pression du sol x diamètre du pieu) en kN/m. Son calcul prend en compte la deuxième colonne de "ZONE PLAS" si elle existe.

En outre, si le calcul a été effectué dans chacun des deux plans, la commande RESULTAT donne également la norme du moment et de l'effort tranchant le long de chaque pieu.

Une assistance est disponible en tapant "**AI***DE*".

Pour sauvegarder sur fichier les résultats obtenus, taper :

SA*UVER* **RES***ULTAT*

Le programme demande alors le nom du fichier à ouvrir et une confirmation s'il existe déjà, auquel cas le contenu du fichier préexistant est écrasé.

Pour quitter le programme tapez "**Q***UITTER*".

6. DIAGNOSTIC RAPIDE D'ANOMALIES

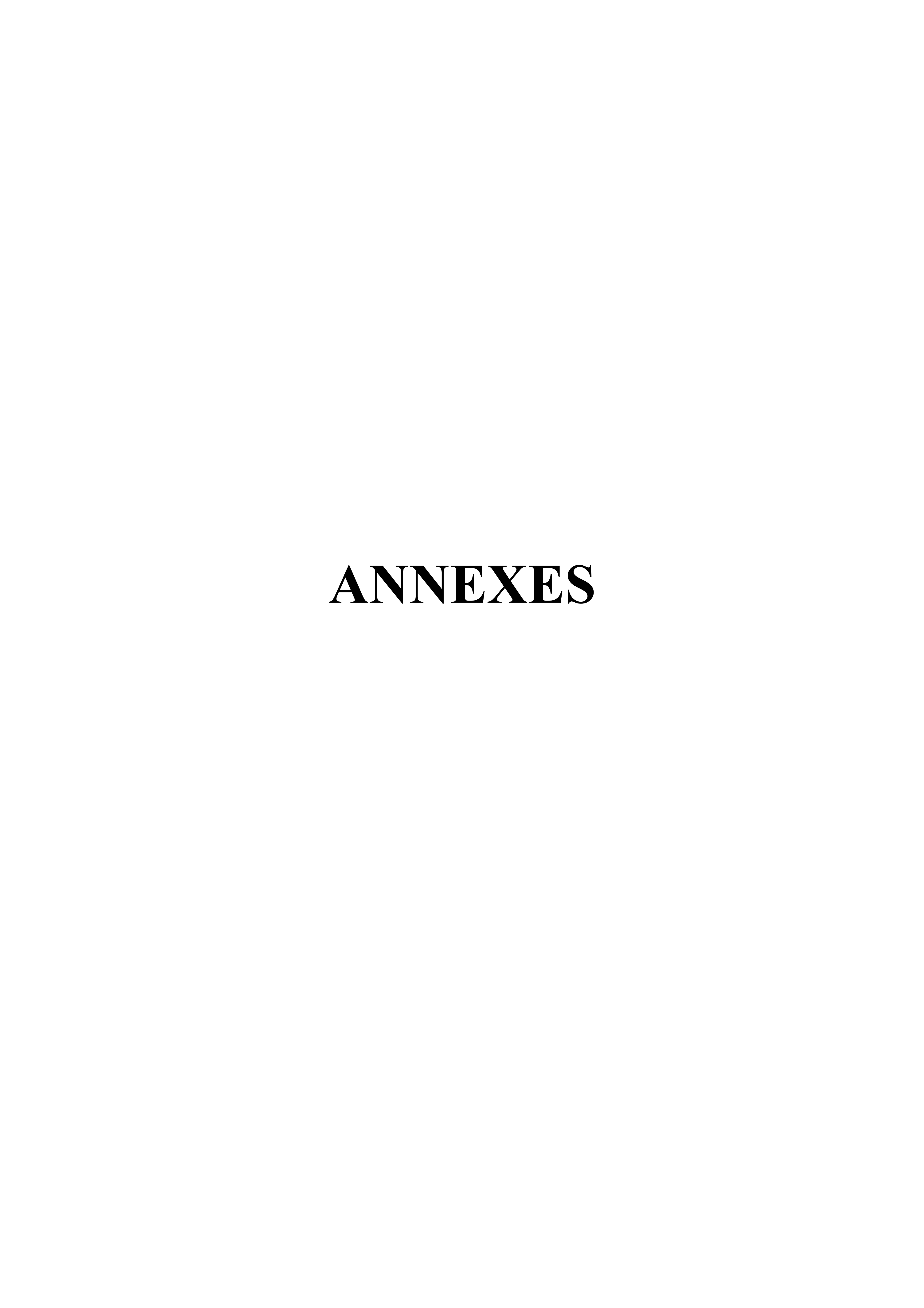
Plusieurs types d'erreurs peuvent être commis par l'utilisateur :

1. mauvaise installation du programme,
2. mauvaise syntaxe de la commande,
3. valeur numérique à l'extérieur du domaine de définition de la variable,
4. référence à une entité non définie préalablement,
5. saturation de la base de données,
6. erreurs décelées à l'exécution.

La plus grande partie des erreurs est gérée par le programme, ce qui signifie que toute erreur décelée par l'interpréteur de commandes est signalée à l'utilisateur par un message. Au cas où la correction de l'erreur impose de quitter l'exécutable, HADES prend l'initiative de le faire pour vous, sinon vous pouvez soit abandonner la commande engagée, soit faire la correction nécessaire dans le contexte dans lequel vous vous trouviez avant l'erreur. Certaines erreurs, circonscrites à un nombre très faible (Cf. tableau ci-dessous), bloquent la machine.

SYMPTOMES	TYPE ERREUR	CAUSES	REMEDES	VOIR §
L'exécutable ne se charge pas. Affichage de : "HADES-FIN NORMALE"	1	Il vous manque un des fichiers externes nécessaires au chargement.	Copiez le fichier manquant dans le répertoire de travail.	5.1
Blocage de la machine à l'exécution du dessin.	1	Le code du pilote graphique indiqué n'est pas celui du matériel utilisé.	Modifiez le fichier hades.lad.	5.1
A l'insertion d'un fichier de données (commande INS), affichage de : "LECTURE DU FICHIER ABANDONNEE" puis sortie de l'exécutable.	2 à 5	Une erreur, indiquée à l'écran, a été trouvée par l'interpréteur de commandes.	Modifiez le fichier à insérer sous éditeur.	5
Affichage de : "COMMANDE INCONNUE" ou "OBJET INCONNU" ou "ATTRIBUT INCONNU" ou "MOT INCONNU" ou "MOT ATTENDU"	2	La chaîne de caractères envoyée ne peut être interprétée.	Soit abandon de la commande en tapant "!". Soit correction en tapant un mot correct. Soit taper "?" pour connaître les mots autorisés. Le contexte est gardé (*).	5.2
Affichage de : "ENTIER ATTENDU" ou "ENTIER POSITIF ATTENDU" ou "REEL POSITIF ATTENDU"	2	Idem	Pas d'abandon possible, tapez une valeur.	5.2
Affichage de : " ... NON DEFINI"	4	Référence à un objet non défini préalablement.	Définir en premier lieu l'objet inconnu à l'interpréteur.	_
Affichage de : "BASE DE DONNEES SATUREE"	5	Les dimensions de la base de données sont indiquées en tapant "CONFIG".	Réduire vos besoins ou demander une autre configuration.	3.5
Exécution du calcul refusé	6	Le jeu de données est incohérent car incomplet.	HADES vous indique explicitement la première donnée manquante détectée.	_
Résultats inattendus	6	* Une donnée a été omise : et sa valeur par défaut a été prise en compte à votre insu.	Vérifiez vos données et les valeurs par défaut utilisées.	5.2
		* Non respect des unités requises.		5
		* La commande DESS ne prend pas en compte les données corrigées mais dessine les résultats du calcul initial.	Tapez : "RECALCUL".	5.5
Résultats aberrants	6	Rupture de la fondation : La semelle n'est plus en équilibre statique. Toutes les sections de calcul (sauf éventuellement une) sont en zone 3.	Redimensionnez votre fondation.	7.1
Affichage de : "***** ATTENTION : PROBLEME NUMERIQUE"	6	Un phénomène de perte de précision numérique ne permet pas de respecter les liaisons imposées.	Réduire le nombre de sous-couches de sols. Contrôler l'importance du phénomène (voir § 7.3).	7.3
Perte de main lors de la frappe des ligne de commande		Navigation à l'extérieur de l'application sous Windows	Double cliquer avec le bouton gauche de la souris sur l'onglet correspondant à l'application Hadès dans la "Barre de tâches" Windows	_

(*) si le caractère frappé erroné est une apostrophe ou un guillemet, l'interpréteur attend nécessairement une autre apostrophe ou un guillemet.



ANNEXES

7. ANNEXES

7.1. PRINCIPE DU CALCUL ITERATIF

Comme indiqué au § 3.4, le calcul s'effectue par itérations. Le principe en est le suivant :

On attribue à chaque intervalle d'étude une zone (1, 2 ou 3) que définit la courbe de réaction du sol (Cf. figure 5 § 3.2). La première itération suppose une réaction élastique du sol : tous les intervalles sont alors en zone 1. Les itérations successives modifient cette hypothèse en fonction des déplacements obtenus. Les intervalles sont réaffectés le cas échéant d'une nouvelle zone. Cette distribution est comparée à la précédente. Si la distribution reste inchangée, le calcul s'arrête ; sinon cette nouvelle distribution sert d'hypothèse de calcul pour l'itération suivante. En tout état de cause, le nombre d'itérations est limité. A titre indicatif, pour un découpage de chaque pieu en 20 à 30 intervalles de calcul, 4 itérations sont au maximum nécessaires pour atteindre la convergence quand la semelle est en équilibre. Plus la discrétisation est fine, plus le nombre d'itérations de calcul risque d'être élevé. Le nombre maximal d'itérations, par défaut égal à 5, peut alors exceptionnellement se révéler insuffisant : il est modifiable par la commande "NITER".

Lorsque l'équilibre ne peut être atteint, il y a NON CONVERGENCE DUE A LA RUPTURE DE LA FONDATION. Cette rupture se produit avant la fin du calcul itératif. Deux cas de figure peuvent se présenter :

- soit toutes les sections du pieu sont en zone 3,
- soit il y a rotation du pieu autour d'un point fixe. Toutes les sections de calcul sont alors en zone 3 sauf celle correspondant au point fixe.

Phénomène d'oscillation :

Dans certains cas particuliers, il est possible de ne pas obtenir de convergence bien qu'il n'y ait pas rupture de la fondation. Dans ce cas, une section de calcul oscille d'une itération sur l'autre entre 2 zones de plasticité. Ce problème est lié à la méthode de calcul qui considère que la zone de plasticité est la même sur toute la hauteur d'une sous-couche. Lorsque ce phénomène se produit, l'utilisateur pourra au choix :

- affiner la discrétisation, ce qui permet de faire disparaître le phénomène,
- retenir les résultats de la dernière itération. En effet, l'oscillation se produit entre 2 solutions très proches.

7.2. SUPERPOSITION DES CHARGES DE COURTE ET DE LONGUE DUREE

A un comportement sous sollicitation permanente, on peut superposer une sollicitation de courte durée. Celle-ci va produire un incrément de réponse de courte durée, à partir de l'état de déformation calculé sous sollicitation permanente.

En pratique, si en un point du pieu, l'état d'équilibre sous sollicitation permanente se situe au point (d_v, p_v) de la courbe de réaction du sol avec $p_v = f_v(d_v)$, à partir de ce point, nouvelle origine, on étudie la réaction incrémentale :

$$p_i = f_i\,(d_i)$$

f_i : loi de réaction instantanée du sol,
f_v : loi de réaction différée du sol.

Les figures 10, 11 et 12 ci-dessous illustrent les trois cas de figure possibles.

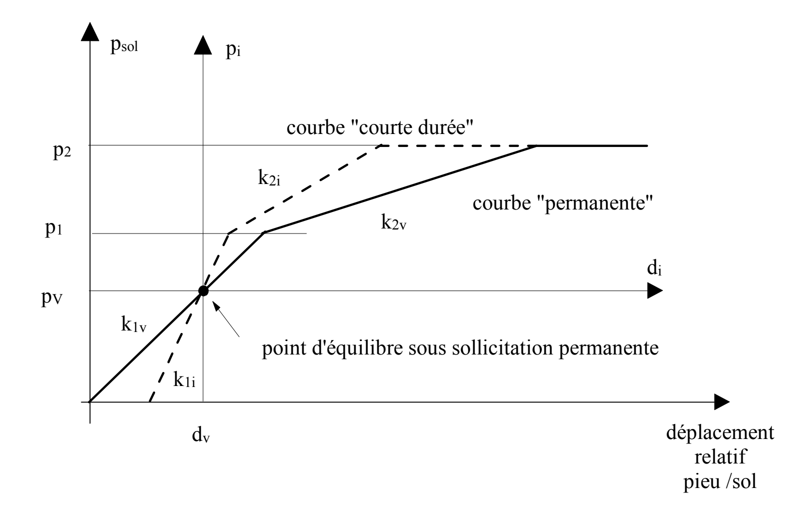


Figure 10 : l'équilibre sous sollicitation permanente est en zone 1

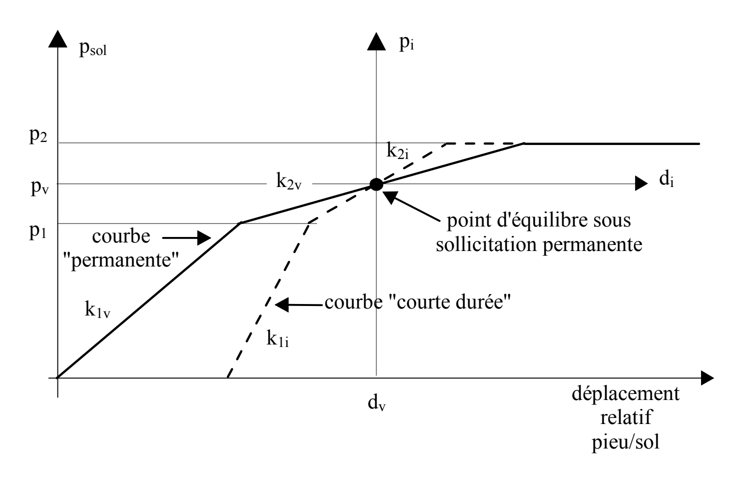


Figure 11 : l'équilibre sous sollicitation permanente est en zone 2

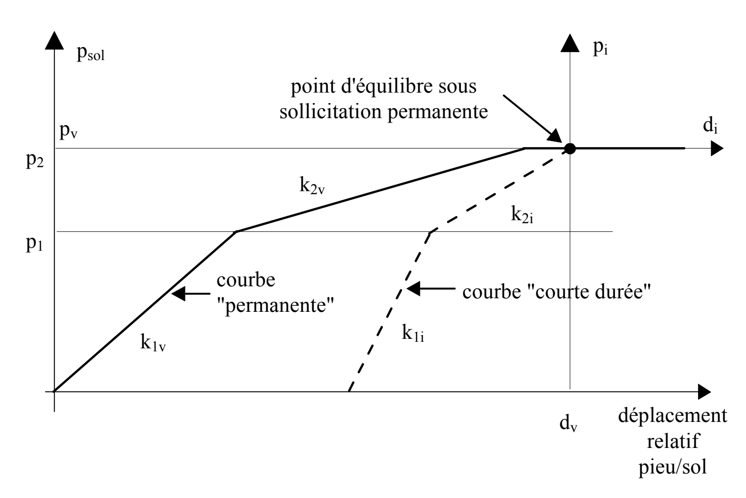


Figure 12 : l'équilibre sous sollicitation permanente est en zone 3

Finalement, la superposition des deux types de sollicitation donnera :

$$d = d_v + d_i$$

$$p = p_v + p_i$$

La superposition n'est une simple addition algébrique des résultats calculés indépendamment, d'une part sous sollicitation permanente et d'autre part sous sollicitation instantanée, que si l'état plastique (zone 2 ou zone 3) n'est atteint en aucun point.

7.3. PHENOMENE DE DERIVE NUMERIQUE

Dans certaines conditions, des pertes de précision durant les calculs peuvent entraîner un mauvais respect des conditions de liaisons imposées en pied de pieu. Ce phénomène étant lié à la méthode de calcul, il ne peut être évité mais HADÈS en avertit l'utilisateur en affichant un message du type :

```
***********************************
***** ATTENTION : PROBLEME NUMERIQUE
***** <type de liaison>  en pied non respecté
```

Ce phénomène se produit lorsque l'on combine des pieux de faible inertie, un sol résistant et un nombre important de points de calcul.

⇒ **On peut donc limiter ce phénomène en réduisant le nombre de sous-couches de sol**.

La perte de précision la plus élevée se situe en pied de pieu : on peut donc avoir ce message d'erreur tout en ayant des résultats corrects en tête de pieu.

Dans tous les cas, il convient de contrôler les résultats afin d'évaluer l'ampleur du phénomène : le message est affiché lorsque des écarts entre les résultats obtenus et ceux imposés par les conditions de liaisons excèdent :

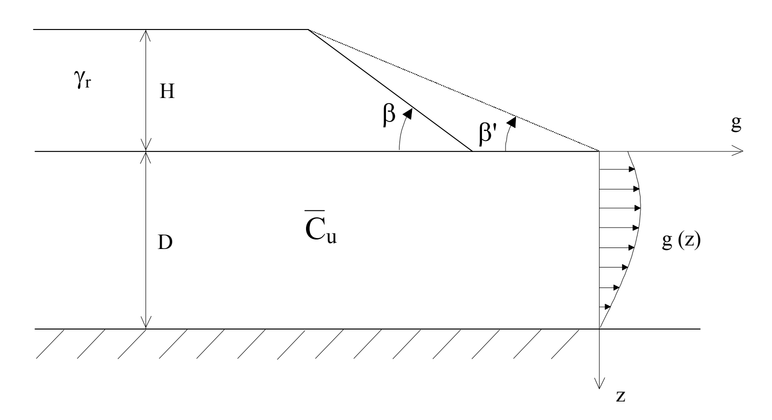
- 10^{-4} kN.m pour les moments,
- 10^{-4} kN pour les efforts tranchants,
- 10^{-4} m pour les déplacements,
- 2. 10^{-4} radian pour les rotations.

L'utilisateur jugera donc s'il considère les écarts obtenus comme acceptables ou non. En cas de doute, contacter le service d'assistance du SETRA.

7.4. DETERMINATION DE $g_{max}(0)$

Extrait du fascicule 62, titre V : règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil (annexe G3)

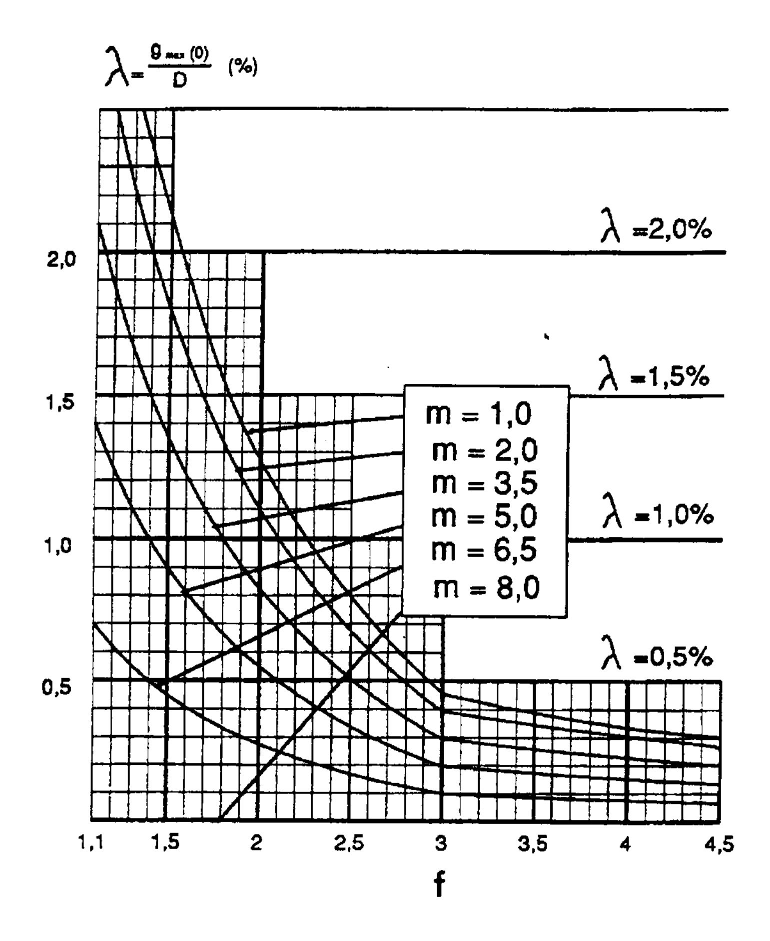
Lorsque le coefficient de sécurité au grand glissement F est supérieur à 1,5 et que le remblai est mis en place relativement rapidement, $g_{max}(0)$ est donné par l'abaque ci-après faisant intervenir les paramètres suivants :



$$\overline{C}_u = \frac{1}{D}\int_0^D C_u \, dz$$ = cohésion moyenne

$$f = \frac{(\pi + 2) \, . \, \overline{C_u}}{\gamma_r \, . \, H}$$

$$m = \frac{1 + \sin^2\beta}{\sin\beta'}$$



Détermination de $g_{max}(0)$ en fonction de f et m

7.5. FROTTEMENT LATERAL UNITAIRE LIMITE q_s

Extrait du fascicule 62 titre V du CCTG :

Sauf indication différente du marché, la valeur du frottement latéral unitaire limite à la profondeur z, q_s *(z)*, est donnée par la figure 13 en fonction de la valeur de la pression limite nette $p_l^*(z)$ mesurée à cette même profondeur.

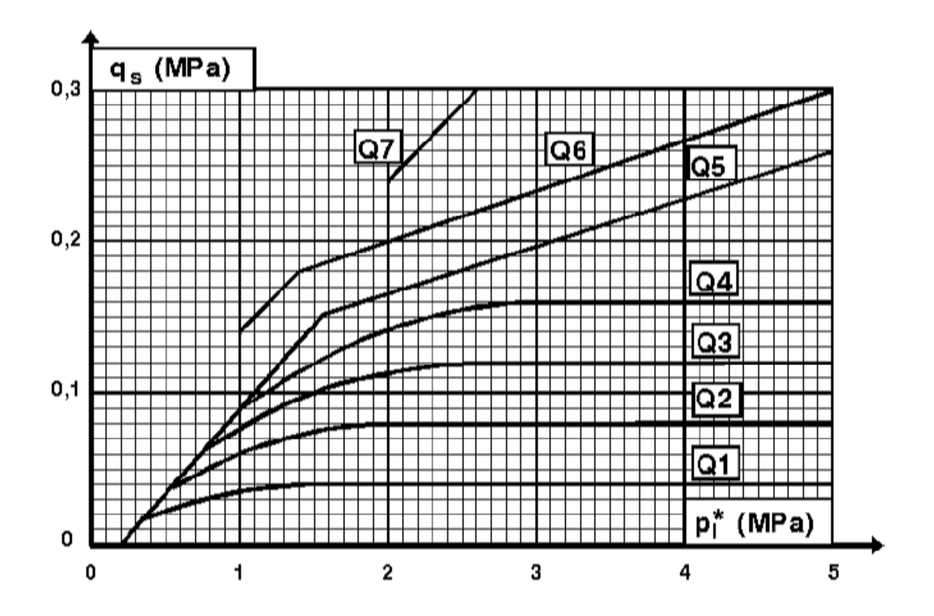


Figure 13 : courbes de frottement unitaire limite le long du fût du pieu.

Le tableau II, associé à la figure 13, précise la courbe à utiliser en fonction du type de l'élément de fondation considéré (*), de la nature des terrains concernés (**) et, s'il y a lieu, des conditions particulières d'exécution prévues par le marché (***).

TABLEAU II : CHOIX DES ABAQUES POUR LA DETERMINATION DE q_s

	ARGILES LIMONS			**SABLES GRAVES**			**CRAIES**			**MARNES**		**ROCHES**
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
Foré simple	Q_1	Q_1, $Q_2^{(1)}$	Q_2 $Q_3^{(1)}$	-			Q_1	Q_3	Q_4 $Q_5^{(1)}$	Q_3	Q_4 $Q_5^{(1)}$	Q_6
Foré boue	Q_1	Q_1, $Q_2^{(1)}$		Q_1	Q_2, $Q_1^{(1)}$	Q_3, $Q_2^{(2)}$	Q_1	Q_3	Q_4 $Q_5^{(1)}$	Q_3	Q_4 $Q_5^{(1)}$	Q_6
Foré tubé (tube récupéré)	Q_1	Q_1, $Q_2^{(3)}$		Q_1	Q_2, $Q_1^{(1)}$	Q_3, $Q_2^{(2)}$	Q_1	Q_2	Q_3 $Q_4^{(3)}$	Q_3	Q_4	-
Foré tubé (tube perdu)	Q_1			Q_1		Q_2	(4)			Q_2	Q_3	-
Puits (5)	Q_1	Q_2	Q_3	-			Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6
Métal battu fermé	Q_1	Q_2		Q_2		Q_3	(4)			Q_3	Q_4	Q_4
Battu préfabriqué béton		Q_2		Q_3			(4)			Q_3	Q_4	Q_4
Battu moulé	Q_1	Q_2		Q_2		Q_3	Q_1	Q_2	Q_3	Q_3	Q_4	-
Battu enrobé	Q_1	Q_2		Q_3		Q_4	(4)			Q_3	Q_4	-
Injecté basse pression	Q_1	Q_2		Q_3			Q_1	Q_3	Q_4	Q_5		-
Injecté haute pression (6)	-	Q_4	Q_5	Q_5		Q_6	-	Q_5	Q_6	Q_6		$Q_7^{(7)}$

(1) Réalésage et rainurage en fin de forage.
(2) Pieux de grande longueur (supérieure à 30m).
(3) Forage à sec, tube non louvoyé.
(4) Dans le cas des craies, le frottement latéral peut être très faible pour certains types de pieux. Il convient d'effectuer une étude spécifique dans chaque cas.
(5) Sans tubage ni virole foncés perdus (parois rugueuses).
(6) Injection sélective et répétitive à faible débit.
(7) Injection sélective et répétive à faible débit et traitement préalable des massifs fissurés, ou fracturés avec obturation des cavités (***.**).

* La définition des différents types de fondations profondes est donnée à l'annexe G.5.

Lorsqu'un type de pieu n'entre pas de façon évidente dans l'une des catégories prévues par le tableau II, le marché fixe les valeurs de q_s à prendre en compte au vu de références expérimentales probantes ou d'essais de pieux.

Il est rappelé que l'annexe C.2, article 6, donne les indications nécessaires pour l'utilisation de la présente annexe dans le cas des pieux tubulaires métalliques battus ouverts, des pieux H et des palplanches.

** La classification proposée pour les sols s'appuie sur les catégories conventionnelles de sols, définies dans l'annexe E.1, § 3.

Pour les formations qui n'entrent pas directement dans la classification présentée, il conviendra soit de les rattacher au type de sol dont elles se rapprochent le plus dans cette classification, soit d'effectuer une interpolation des paramètres de calcul.

*** Ces conditions particulières d'exécution concernent essentiellement le réalésage et rainurage en fin de forage et l'injection sélective et répétitive.

- Le réalésage et le rainurage sont des opérations réalisées en fin de forage pour tirer le meilleur parti des performances du sol dans la mobilisation du frottement latéral. En pratique, ces opérations sont réalisées simultanément, à l'aide d'un outil à dents débordantes dont le diamètre théorique extérieur est supérieur d'au moins 10 % au diamètre nominal.

- Une injection est sélective lorsqu'elle offre la possibilité d'injecter un horizon bien délimité; elle est répétitive lorsqu'elle permet de répéter l'opération, dans un horizon donné, après durcissement du coulis déjà injecté. Cela est le cas, en particulier, du procédé faisant appel à l'emploi d'un tube à manchettes et d'un double obturateur.

Ces conditions particulières d'exécution doivent faire l'objet de propositions précises et détaillées soumises au maître d'oeuvre.

***.* Cette disposition concerne surtout les micropieux, pour lesquels il est recommandé de procéder à des essais de chargement si leur nombre le justifie (*cf.* annexe C.6).

7.6. DESCRIPTION DE CERTAINES COMMANDES

Description des commandes de création de données comportant plusieurs valeurs numériques.

7.6.1. GEOMETRIE

`cr geo rect DX DY β`
dimensions de la section droite du pieu et coefficient pour le calcul de l'inertie de torsion

`cr geo spec` I_X I_Y J_t `DX DY A`
I_X, I_Y : inerties de flexion suivant X et Y
J_t : inertie de torsion, A : aire du pieu

7.6.2. MATERIAU

`cr mat bet fc O/N`
béton fissuré? (O/N)

`cr mat spec` E_I E_V G_I G_V
Modules d'Young et de Coulomb instantanés et différés

7.6.3. EFFET DE GROUPE

`cr eff ipieu front` ρ_k ρ_r
`cr eff ipieu tangent` ρ_k ρ_r

7.6.4. DEPLACEMENT DE SOL

`cr depsol point` z_1 $g(z_1)$
....
z_n $g(z_n)$

g(z) est une ligne brisée passant par ces n points z_n $g(z_n)$
pour $z \geq z_n$: $g(z) = 0$

`cr depsol poly` z_1 d_1
a_{10} ..... a_{1d_1}

pour $0 \leq z \leq z_1$: $g(z) = \sum_{k=0}^{d_1} a_{ik} z^k$

z_n d_n
a_{n0} ..... a_{1d_n}

pour $z_{n-1} \leq z \leq z_n$: $g(z) = \sum_{k=0}^{d_n} a_{nk} z^k$

pour $z \geq z_n$: $g(z) = 0$

`cr depsol regl` $\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$ z_1 z_2 Γ Δs $g_{max}(0)$
`g(0)` $\begin{Bmatrix} O \\ N\ g(z_1) \end{Bmatrix}$

pour $z \leq z_1$: segment de droite passant par g (0) et g (z_1)

g(0) à ne renseigner que si $z_1 > 0$.
$g(z_1)$ à renseigner si discontinuité.

7.6.5. CONDITIONS AUX LIMITES

`cr limitx ip encas_elas` M_y/roty T_x/x
`cr limity ip encas_elas` M_x/rotx T_y/y

ip : numéro du pieu

7.6.6. SOL

`cr geosol topo O nc` (couches horizontales)
$d_1 \ldots d_{nc}$

`cr geosol topo N nc` d_1 α_1 β_1 (couches inclinées)
.... d_{nc} α_{nc} β_{nc}

nc nombre de couches
d_i épaisseur de la couche "i" au niveau de OZ
α_i β_i pendages de la couche "i"

```
cr mecsol_ctx ic module k1 k2
cr mecsol_ctx ic deplim d1 d2
cr mecsol_ctx ic plim p1 p2
cr mecsol_regl ic coef EM α pf qs
```

ic = numéro de la couche

Parameters: k_1, k_2, d_1, d_2, p_1, p_2, E_M, α, p_f, q_s

7.6.7. EFFORTS

```
cr efinst FX FY FZ MX MY MZ
cr efdif FX FY FZ MX MY MZ
```

7.7. EXEMPLE D'UTILISATION

On étudie une fondation constituée de trois pieux formant un triangle :

- deux pieux verticaux en béton de diamètre 1,10 m de longueur 17 et 18 m, l'un articulé, l'autre libre en pied suivant X,
- un pieu incliné, profilé HP, encastré en pied.

Le sol est constitué de trois couches de hauteur 6, 8 et 4 m dont les caractéristiques mécaniques proviennent d'un essai pressiométrique.

Un déplacement de sol suivant l'axe X est appliqué.

On utilise au maximum les valeurs par défaut ce qui permet d'écourter sensiblement l'entrée des données.

7.7.1. INTRODUCTION AU CLAVIER DES COMMANDES

7.7.1.1. Commandes introduites

Dans l'exemple ci-dessous, les caractères introduits par l'utilisateur sont représentés en gras et les caractères affichés par HADES sont représentés normalement.

```
HADES
__________________________________________________
CODE DU PILOTE COURANT :           1
         ************************************************
         *           BIENVENUE  SUR  HADES              *
         *         ----------------------------         *
         *          Version 5.1 - FEVRIER 1997          *
         ************************************************

REALISATION : SETRA, CTOA/DML, 46 Av Aristide Briand, 92223 Bagneux, F.
MAINTENANCE : tel 01 46 11 31 93

AVERTISSEMENT :
Vous pouvez utiliser le logiciel HADES dans les conditions definies
dans votre contrat d'utilisation. Veuillez en prendre connaissance.
Chaque contrat est unique et est individualise par un numero de
licence qui vous est attribue. Une licence ne confere un droit
d'utilisation que sur un seul poste de travail a la fois.

                        Tapez < RETOUR > pour accepter les
                        termes du contrat et lancer  HADES


                    Licence numero    : 000000
                    Licencie autorise : SETRA




         PROGRAMME DE CALCUL DE FONDATIONS PROFONDES :
             ==>   en 3 dimensions
             ==>   prise en compte de la plasticite du sol
             ==>   langage de commandes a mots-clefs
             ==>   sorties graphiques

- Toutes les commandes valides de donnees sont memorisees. En fin
  d'utilisation de Hades, vous pourrez les enregistrer sur fichier.
- pour une assistance tapez '?' a tout moment ou 'AIDE' apres '===>'
- pour abandonner le cours d'une commande, tapez '!'
Entrez vos commandes :
===>
cr pieu 1 coorxy
ENTREZ LES COORDONNEES X ET Y
4 0
NOMBRE DE PIEUX :             1
===>
cr pieu 2 coorxy
ENTREZ LES COORDONNEES X ET Y
-4 3
NOMBRE DE PIEUX :             2
===>
cr p 3 coorxy
ENTREZ LES COORDONNEES X ET Y
-4 -3
NOMBRE DE PIEUX :             3
===>
cr pieu 1 longu 15
NOMBRE DE PIEUX :             3
===>
cr p 2 l 17
NOMBRE DE PIEUX :             3
```

```
===>
cr p 3 l 18
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr p 1 phi 20
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr geo circ
GEOMETRIE : 1
ENTREZ LE DIAMETRE DU CERCLE (en M.)
1.1
===>
cr geo HP
GEOMETRIE : 2
entrez entre cotes la reference de la geometrie demandee
'220x57'
===>
cr mat beton
MATERIAU : 1
ENTREZ FC A 28 JOURS (en MPA)
24
le beton est-il considere fissure (O/N)?
  (Si oui : nu = 0, sinon : nu = 0.2)
o
===>
cr mat acier
MATERIAU : 2
===>
cr p 1 typgeo 2
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr p 1 typmat 2
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr geosol topo




DEFINITION DE LA GEOMETRIE DES COUCHES
les couches sont-elles horizontales (O/N)?
o
nombre de couches?
3
entrez l'epaisseur de la couche            1
6
entrez l'epaisseur de la couche            2
8
entrez l'epaisseur de la couche            3
4
===>
cr geosol decoupe
DEFINITION DES POINTS DE CALCUL
  1 en indiquant le pas de discretisation
  2 en indiquant le nombre d'intervalles decoupant chaque couche
entrez votre choix
1
indiquez le pas de discretisation en M.
1
===>
cr limitx 1 encas
===>
cr limity 1 encas
===>
cr limitx 2 artic
===>
cr depsol nul
COURBE DE DEPLACEMENT DE SOL : 1
===>
cr depsol regl
COURBE DE DEPLACEMENT DE SOL : 2
courbe de reference choisie (1 ou 2)
courbe 1 :  a defaut de renseignements sur le sol
courbe 2 :  couche de surface moins deformable que couche profonde
2
entrez les bornes z1 et z2 > z1 de l'intervalle ou s'exerce GZ
0 13
- la borne SUPERIEURE du polynome numero 1 est : 0
- l'origine du repere correspondant a l'equation du polynome est,
  bien sur, la borne superieure de son domaine de definition
ATTENTION : la borne INF Du polynome 'i' sera la borne SUP Du polynome 'i+1'

la formule de calcul est : g(z) = GREF * (GMAX0 + GAMMA * DELTAST)
  - GAMMA   : parametre empirique (0.16 ou moins)
  - DELTAST : tassement total final- tassement initial
  - GMAX0
entrez ces 3 parametres de calcul :
.18 .5 0
===>
cr pieu 1 typgzx 2
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr p 2 typgzx 2
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr p 3 typgzx 2
NOMBRE DE PIEUX :            3
===>
cr mecsol_regl 1 coef
entrez  Em (module pressiometrique), alpha, pf, qs
ATTENTION: unite requise pour les pressions : kN/m2
1500 .5 400 30
===>
cr mecsol_regl 2 coef
entrez  Em (module pressiometrique), alpha, pf, qs
ATTENTION: unite requise pour les pressions : kN/m2
3200 .5 700 50
```

```
===>
cr mecsol_regl 3 coef
entrez  Em (module pressiometrique), alpha, pf, qs
ATTENTION: unite requise pour les pressions : kN/m2
10000 .5 1500 100
===>
cr efinst
CHARGE INSTANTANEE : 1
ENTREZ FX, FY, FZ, MX, MY, MZ
1000 3000 1000 0 0 0
===>
cr efdiff
CHARGE DIFFEREE : 1
ENTREZ FX, FY, FZ, MX, MY, MZ
500 0 0 0 0 0
===>
sa do
nom du fichier à creer ?
ex1.don
entrez sur une ligne le commentaire a inserer en tete de l'edition
sinon tapez RETOUR
===>
enregistre
nom du fichier a creer ?
ex1.enr
===>
quitte
VOULEZ-VOUS SAUVEGARDER VOS COMMANDES DANS UN FICHIER ?
n
VOULEZ-VOUS ENREGISTRER VOS DONNEES DANS UN FICHIER ?
n

Pour toute remarque, veuillez contacter le service gestionnaire de Hades
HADES - Fin normale - Version 5.1-D - FEVRIER 1997
```

7.7.1.2. Fichier ex1.don créé

```
                     FICHIER DE DONNEES  : ex1.don

 ** HADES V 5.1 ** 1997 ** SETRA, Ministere des Transports. France
    cree le 07/02/1997  a 09:37

 unites : m, kN, degre (kN.m/rd pour le coefficient d'encastrement elastique)
 #

 TYPES  DE GEOMETRIES
        nombre de geometries :   2
           GEO 1       GEO 2
 IX       .719E-01    .573E-04
 DX       .110E+01    .210E+00
 IY       .719E-01    .208E-04
 DY       .110E+01    .225E+00
 J        .144E+00    .442E-06
 AIRE     .950E+00    .729E-02

 TYPES DE MATERIAUX
         nombre de materiaux :   2
                   MAT 1       MAT 2
 E inst (kPa)     .317E+08    .200E+09
 G inst (kPa)     .159E+08    .769E+08
 E diff (kPa)     .107E+08    .200E+09
 G diff (kPa)     .534E+07    .769E+08


 DESCRIPTION DES PIEUX
           nombre de pieux :   3

 COORDONNEES DES PIEUX
  pieu        1      2      3
 Xtete     4.00  -4.00  -4.00
 Ytete      .00   3.00  -3.00
 Ztete      .00    .00    .00
 longu    15.00  17.00  18.00
 teta       .00    .00    .00
 phi      20.00    .00    .00
 psi        .00    .00    .00

 ATTRIBUTS DES PIEUX
  pieu        1      2      3
 typgeo       2      1      1
 typmat1      2      1      1
 typmat2      1      1      1
 cotchg   50.00  50.00  50.00
 Rho(Kf) 1.0000 1.0000 1.0000
 Rho(Rf) 1.0000 1.0000 1.0000
 Rho(Ks) 1.0000 1.0000 1.0000
 Rho(Rs) 1.0000 1.0000 1.0000
 typgz x      2      2      2
 typgz y      1      1      1

 CONDITIONS AUX LIMITES :
 liaison en tete :
    pieu     1        2        3
 plan XZ ENCASTRE ENCASTRE ENCASTRE
 plan YZ ENCASTRE ENCASTRE ENCASTRE
 liaison en pied :
    pieu     1        2        3
 plan XZ ENCASTRE ARTICULE  LIBRE
 plan YZ ENCASTRE  LIBRE    LIBRE

 GEOMETRIE DU SOL
```

```
    nombre de couches      :    3
    nombre de sous_couches :    6   8   4

         COUCH1 COUCH2 COUCH3
hauteur   6.00   8.00   4.00
angle1     .00    .00    .00
angle2     .00    .00    .00

CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU SOL
          COUCH 1   COUCH 2   COUCH 3
EM       .150E+04  .320E+04  .100E+05
ALPHA    .500E+00  .500E+00  .500E+00
pf       .400E+03  .700E+03  .150E+04
qs       .300E+02  .500E+02  .100E+03
AFF      .200E+01  .200E+01  .200E+01

--LOIS DE REACTION DU SOL

GEOMETRIE N.1
COUCH N. 1         PLAN XZ       PLAN XZ       PLAN YZ       PLAN YZ
                 INSTANTANE     DIFFERE      INSTANTANE     DIFFERE
k1   (kN/m3)     .15562E+05    .77810E+04    .15562E+05    .77810E+04
plim1 (kPa)      .00000E+00    .00000E+00    .00000E+00    .00000E+00
k2   (kN/m3)     .77810E+04    .38905E+04    .77810E+04    .38905E+04
plim2 (kPa)      .40000E+03    .40000E+03    .40000E+03    .40000E+03

COUCHE N. 2        PLAN XZ       PLAN XZ       PLAN YZ       PLAN YZ
                 INSTANTANE     DIFFERE      INSTANTANE     DIFFERE
k1   (kN/m3)     .33199E+05    .16599E+05    .33199E+05    .16599E+05
plim1 (kPa)      .00000E+00    .00000E+00    .00000E+00    .00000E+00
k2   (kN/m3)     .16599E+05    .82997E+04    .16599E+05    .82997E+04
plim2 (kPa)      .70000E+03    .70000E+03    .70000E+03    .70000E+03

COUCHE N. 3        PLAN XZ       PLAN XZ       PLAN YZ       PLAN YZ
                 INSTANTANE     DIFFERE      INSTANTANE     DIFFERE
k1   (kN/m3)     .10375E+06    .51873E+05    .10375E+06    .51873E+05
plim1 (kPa)      .00000E+00    .00000E+00    .00000E+00    .00000E+00
k2   (kN/m3)     .51873E+05    .25937E+05    .51873E+05    .25937E+05
plim2 (kPa)      .15000E+04    .15000E+04    .15000E+04    .15000E+04


GEOMETRIE N.2
COUCHE N. 1        PLAN XZ       PLAN XZ       PLAN YZ       PLAN YZ
                 INSTANTANE     DIFFERE      INSTANTANE     DIFFERE
k1   (kN/m3)     .60047E+05    .30024E+05    .64193E+05    .32097E+05
plim1 (kPa)      .00000E+00    .00000E+00    .82857E+01    .82857E+01
k2   (kN/m3)     .30024E+05    .15012E+05    .32097E+05    .16048E+05
plim2 (kPa)      .40000E+03    .40000E+03    .40414E+03    .40414E+03

COUCHE N. 2        PLAN XZ       PLAN XZ       PLAN YZ       PLAN YZ
                 INSTANTANE     DIFFERE      INSTANTANE     DIFFERE
k1   (kN/m3)     .12810E+06    .64050E+05    .13695E+06    .68473E+05
plim1 (kPa)      .00000E+00    .00000E+00    .13810E+02    .13810E+02
k2   (kN/m3)     .64050E+05    .32025E+05    .68473E+05    .34236E+05
plim2 (kPa)      .70000E+03    .70000E+03    .70690E+03    .70690E+03

COUCHE N. 3        PLAN XZ       PLAN XZ       PLAN YZ       PLAN YZ
                 INSTANTANE     DIFFERE      INSTANTANE     DIFFERE
k1   (kN/m3)     .40031E+06    .20016E+06    .42795E+06    .21398E+06
plim1 (kPa)      .00000E+00    .00000E+00    .27619E+02    .27619E+02
k2   (kN/m3)     .20016E+06    .10008E+06    .21398E+06    .10699E+06
plim2 (kPa)      .15000E+04    .15000E+04    .15138E+04    .15138E+04


DEPLACEMENT DU SOL
 nombre de types de courbes :   2

COURBE N.  1



1 GZ=0

COURBE N.  2
4 DEFINITION PAR LE REGLEMENT
courbe de reference : 2
bornes inferieure et superieure:  .00 13.00
            gamma :   .180
        tassement :   .500
  deplacement max :   .000


EFFORTS INSTANTANES EN O
    nombre de cas de charge :   1
      CHARGE 1
FX     1000.00
FY     3000.00
FZ     1000.00
MX         .00
MY         .00
MZ         .00

EFFORTS DIFFERES EN O
    nombre de cas de charge :   1
      CHARGE 1
FX      500.00
FY         .00
FZ         .00
MX         .00
MY         .00
MZ         .00
```

Ce fichier est destiné à une présentation lisible des données. Il ne peut pas être relu par HADÈS.

7.7.2. LECTURE SUR FICHIER DES COMMANDES

Les commandes précédentes tapées au clavier sont automatiquement mémorisées. Elles peuvent être sauvées dans un fichier qui pourra ensuite être lu par le programme (commande INSERER + nom du fichier). Vous trouverez ci-dessous le contenu du fichier de commandes issu de la session décrite au § 7.7.1.1.

```
CR PIEU 1 COORXY
4
0
CR PIEU 2 COORXY
-4
3
CR P 3 COORXY
-4
-3
CR PIEU 1 LONGU
15
CR P 2 L
17
CR P 3 L
18
CR P 1 PHI
20
CR GEO  CIRC
1.1
CR GEO  HP
'220x57'
CR MAT  BETON
24
O
CR MAT  ACIER
CR P 1 TYPGEO
2
CR P 1 TYPMAT
2
CR GEOSOL  TOPO
O
3
6
8
4
CR GEOSOL  DECOUPE
1
1
CR LIMITX 1 ENCAS
CR LIMITY 1 ENCAS
CR LIMITX 2 ARTIC
CR DEPSOL  NUL
CR DEPSOL  REGL
2
0
13
.18
.5
0
CR PIEU 1 TYPGZX
2
CR P 2 TYPGZX
2
CR P 3 TYPGZX
2
CR MECSOL_REGL 1 COEF


1500
.5
400
30
CR MECSOL_REGL 2 COEF
3200
.5
700
50
CR MECSOL_REGL 3 COEF
10000
.5
1500
100
CR EFINST
1000
3000
1000
0
0
0
CR EFDIFF
500
0
0
0
0
0
```

7.7.3. EXEMPLE DE CALCUL

7.7.3.1. Exécution du calcul

HADES

```
CODE DU PILOTE COURANT :           1
         ***********************************************
         *            BIENVENUE  SUR  HADES            *
         *       ---------------------------           *
         *          Version 5.1 - FEVRIER 1997         *
         ***********************************************

REALISATION : SETRA, CTOA / DML, 46 Av Aristide Briand, 92223 Bagneux, F.
ASSISTANCE  : tel : 01 46 11 31 93

AVERTISSEMENT :
 Vous pouvez utiliser le logiciel HADES dans les conditions definies
 dans votre contrat d'utilisation. Veuillez en prendre connaissance.
  Chaque contrat est unique et est individualise par un numero de
  licence qui vous est attribue. Une licence ne confere un droit
    d'utilisation que sur un seul poste de travail a la fois.

                        Tapez < RETOUR > pour accepter les
                        termes du contrat et lancer  HADES

                    Licence numero    :   V510-001
                    Licencie autorise :  SETRA-CTOA

         PROGRAMME DE CALCUL DE FONDATIONS PROFONDES :
             ==>   en 3 dimensions
             ==>   prise en compte de la plasticite du sol
             ==>   langage de commandes a mots-clefs
             ==>   sorties graphiques

- Toutes les commandes valides de donnees sont memorisees. En fin
  d'utilisation de Hades, vous pourrez les enregistrer sur fichier.
- pour une assistance tapez '?' a tout moment ou 'AIDE' apres '===>'
- pour abandonner le cours d'une commande, tapez '!'
Entrez vos commandes :
```

===> **ins**

nom du fichier de commandes a inserer ?

ex1.dat

```
GEOMETRIE : 1
GEOMETRIE : 2
MATERIAU : 1
MATERIAU : 2
COURBE DE DEPLACEMENT DE SOL : 1
COURBE DE DEPLACEMENT DE SOL : 2
NOMBRE DE PIEUX :           1
NOMBRE DE PIEUX :           1
NOMBRE DE PIEUX :           1
NOMBRE DE PIEUX :           2
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
NOMBRE DE PIEUX :           3
CHARGE INSTANTANEE : 1
CHARGE DIFFEREE : 1
===>
```

ex diff 1 planx

DONNEES : fichier ex1.dat
CHARGE DIFFEREE : 1

CALCUL ELASTIQUE

DEPLACEMENT DE LA SEMELLE   SETRA-CTOA:V510-001

DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
.721E-01	.242E-05	-.124E-01	.388E-06	.308E-02	.550E-06

DEPLACEMENTS EN TETE DES PIEUX

	DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
PIEU 1	.762E-01	.462E-05	.148E-02	.176E-06	.308E-02	.650E-06
PIEU 2	.721E-01	.218E-06	-.417E-04	.388E-06	.308E-02	.550E-06
PIEU 3	.721E-01	.218E-06	-.440E-04	.388E-06	.308E-02	.550E-06

EFFORTS EN TETE DES PIEUX

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
PIEU 1	.249E+03	.487E-01	.144E+03	-.381E-01	.135E+03	.221E-04
PIEU 2	.108E+03	-.244E-01	-.249E+02	.124E+00	.138E+03	.422E+00
PIEU 3	.108E+03	-.244E-01	-.248E+02	.124E+00	.125E+03	.422E+00

PIEU NUM. 1
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	1 3	.762E-01	.339E-01	.308E-02	.135E+03	.249E+03	-.898E+02
1.06	1 2	.698E-01	.178E-01	-.761E-02	-.175E+02	.578E+02	-.600E+02
2.13	1 2	.650E-01	.385E-02	.369E-03	-.319E+02	-.142E+02	-.130E+02
3.19	1 2	.684E-01	-.108E-02	.603E-02	-.109E+02	-.198E+02	.364E+01
4.26	1 2	.751E-01	-.132E-02	.668E-02	.482E+01	-.978E+01	.444E+01
5.32	1 2	.809E-01	-.551E-03	.463E-02	.110E+02	-.308E+01	.186E+01
6.39	1 2	.841E-01	-.783E-04	.169E-02	.128E+02	-.108E+01	.264E+00
7.45	1 2	.842E-01	.579E-04	-.151E-02	.137E+02	-.119E+01	-.417E+00
8.51	1 2	.810E-01	.943E-04	-.500E-02	.155E+02	-.238E+01	-.678E+00
9.58	1 2	.741E-01	.681E-04	-.908E-02	.187E+02	-.383E+01	-.490E+00
10.64	1 2	.625E-01	-.358E-03	-.141E-01	.225E+02	-.246E+01	.258E+01

11.71	1 2	.456E-01	-.153E-02	-.194E-01	.193E+02	.112E+02	.110E+02
12.77	1 2	.247E-01	-.165E-02	-.212E-01	-.783E+01	.401E+02	.118E+02
13.83	1 2	.715E-02	.715E-02	-.130E-01	-.501E+02	.171E+02	-.514E+02
14.90	1 2	.457E-04	.457E-04	-.910E-03	-.383E+02	-.213E+02	-.329E+00
15.00	1 2	.817E-13	.817E-13	.197E-11	-.362E+02	-.213E+02	-.184E-08

PIEU NUM. 2
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	1 2	.721E-01	.271E-01	.308E-02	.138E+03	.108E+03	-.116E+03
1.00	1 2	.751E-01	.198E-01	.292E-02	.135E+03	-.926E+02	-.849E+02
2.00	1 2	.779E-01	.128E-01	.265E-02	.302E+03	-.232E+03	-.549E+02
3.00	1 2	.803E-01	.641E-02	.209E-02	.580E+03	-.314E+03	-.274E+02
4.00	1 2	.820E-01	.694E-03	.112E-02	.913E+03	-.344E+03	-.297E+01
5.00	1 2	.824E-01	-.424E-02	-.294E-03	.125E+04	-.328E+03	.182E+02
6.00	1 2	.813E-01	-.835E-02	-.213E-02	.156E+04	-.273E+03	.357E+02
7.00	1 2	.781E-01	-.115E-01	-.430E-02	.174E+04	-.904E+02	.105E+03
8.00	1 2	.726E-01	-.135E-01	-.658E-02	.172E+04	.140E+03	.123E+03
9.00	1 2	.650E-01	-.138E-01	-.868E-02	.145E+04	.393E+03	.126E+03
10.00	1 2	.554E-01	-.115E-01	-.103E-01	.941E+03	.628E+03	.105E+03
11.00	1 2	.447E-01	-.549E-02	-.110E-01	.223E+03	.790E+03	.501E+02
12.00	1 2	.337E-01	.564E-02	-.108E-01	-.587E+03	.797E+03	-.515E+02
13.00	1 2	.234E-01	.234E-01	-.956E-02	-.128E+04	.543E+03	-.214E+03
14.00	1 2	.148E-01	.148E-01	-.762E-02	-.164E+04	.197E+03	-.135E+03
15.00	1 2	.824E-02	.824E-02	-.551E-02	-.148E+04	-.450E+03	-.235E+03
16.00	1 2	.358E-02	.358E-02	-.396E-02	-.847E+03	-.780E+03	-.102E+03
17.00	1 2	-.250E-15	-.250E-15	-.339E-02	.293E-11	-.879E+03	.712E-11

PIEU NUM. 3
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	1 2	.721E-01	.271E-01	.308E-02	.125E+03	.108E+03	-.116E+03
1.00	1 2	.752E-01	.198E-01	.294E-02	.122E+03	-.930E+02	-.849E+02
2.00	1 2	.780E-01	.129E-01	.269E-02	.290E+03	-.233E+03	-.551E+02
3.00	1 2	.804E-01	.648E-02	.214E-02	.569E+03	-.315E+03	-.278E+02
4.00	1 2	.821E-01	.827E-03	.118E-02	.903E+03	-.346E+03	-.354E+01
5.00	1 2	.826E-01	-.404E-02	-.221E-03	.125E+04	-.331E+03	.173E+02
6.00	1 2	.815E-01	-.807E-02	-.205E-02	.155E+04	-.279E+03	.346E+02
7.00	1 2	.784E-01	-.112E-01	-.422E-02	.175E+04	-.102E+03	.102E+03
8.00	1 2	.730E-01	-.131E-01	-.652E-02	.174E+04	.122E+03	.119E+03
9.00	1 2	.654E-01	-.133E-01	-.866E-02	.150E+04	.366E+03	.121E+03
10.00	1 2	.559E-01	-.110E-01	-.103E-01	.102E+04	.592E+03	.101E+03
11.00	1 2	.450E-01	-.514E-02	-.112E-01	.337E+03	.747E+03	.469E+02
12.00	1 2	.338E-01	.573E-02	-.112E-01	-.428E+03	.750E+03	-.523E+02
13.00	1 2	.230E-01	.230E-01	-.102E-01	-.108E+04	.498E+03	-.210E+03
14.00	1 2	.137E-01	.137E-01	-.850E-02	-.140E+04	.165E+03	-.125E+03
15.00	1 2	.609E-02	.609E-02	-.672E-02	-.125E+04	-.390E+03	-.174E+03
16.00	1 2	.795E-04	.795E-04	-.540E-02	-.744E+03	-.560E+03	-.227E+01
17.00	1 2	-.496E-02	-.496E-02	-.478E-02	-.231E+03	-.418E+03	.141E+03
18.00	1 2	-.966E-02	-.966E-02	-.468E-02	.390E-10	-.174E-10	.276E+03

DONNEES : fichier ex1.dat
CHARGE DIFFEREE : 1

CALCUL PLASTIQUE ITERATION N. 1

DEPLACEMENT DE LA SEMELLE SETRA-CTOA:V510-001

DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
.773E-01	.263E-04	-.128E-01	.133E-05	.315E-02	.795E-05

DEPLACEMENTS EN TETE DES PIEUX

	DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
PIEU 1	.813E-01	.581E-04	.258E-02	-.147E-05	.315E-02	.792E-05
PIEU 2	.772E-01	-.554E-05	-.149E-03	.133E-05	.315E-02	.795E-05
PIEU 3	.773E-01	-.554E-05	-.157E-03	.133E-05	.315E-02	.795E-05

EFFORTS EN TETE DES PIEUX

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
PIEU 1	.169E+03	.645E+00	.251E+03	-.531E+00	.109E+03	.269E-03
PIEU 2	.131E+03	-.323E+00	-.891E+02	.954E+00	.671E+03	.610E+01
PIEU 3	.125E+03	-.323E+00	-.886E+02	.954E+00	.642E+03	.610E+01

PIEU NUM. 1
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	3	.813E-01	.390E-01	.315E-02	.109E+03	.169E+03	-.898E+02
1.06	2	.757E-01	.238E-01	-.758E-02	-.450E+01	.535E+02	-.801E+02
2.13	2	.694E-01	.825E-02	-.225E-02	-.271E+02	-.192E+01	-.278E+02
3.19	2	.699E-01	.401E-03	.359E-02	-.156E+02	-.152E+02	-.135E+01
4.26	2	.747E-01	-.167E-02	.571E-02	-.799E+00	-.117E+02	.562E+01
5.32	2	.802E-01	-.129E-02	.474E-02	.843E+01	-.609E+01	.434E+01
6.39	2	.837E-01	-.477E-03	.211E-02	.129E+02	-.296E+01	.161E+01
7.45	2	.842E-01	.302E-04	-.127E-02	.148E+02	-.151E+01	-.217E+00

8.51	2	.811E-01	.174E-03	-.504E-02	.167E+02	-.250E+01	-.125E+01
9.58	2	.739E-01	-.685E-04	-.944E-02	.198E+02	-.321E+01	.493E+00
10.64	2	.619E-01	-.966E-03	-.145E-01	.218E+02	.240E+00	.694E+01
11.71	2	.448E-01	-.239E-02	-.193E-01	.156E+02	.131E+02	.172E+02
12.77	2	.245E-01	-.188E-02	-.203E-01	-.897E+01	.323E+02	.135E+02
13.83	2	.765E-02	.765E-02	-.130E-01	-.428E+02	.191E+02	-.550E+02
14.90	2	.575E-04	.575E-04	-.113E-02	-.466E+02	-.227E+01	-.414E+00
15.00	2	-.298E-12	-.298E-12	-.403E-12	-.463E+02	-.232E+01	.669E-08

PIEU NUM. 2
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.772E-01	.322E-01	.315E-02	.671E+03	.131E+03	-.138E+03
1.00	2	.800E-01	.247E-01	.233E-02	.605E+03	.853E+01	-.106E+03
2.00	2	.819E-01	.168E-01	.153E-02	.643E+03	-.802E+02	-.719E+02
3.00	2	.830E-01	.906E-02	.626E-03	.754E+03	-.135E+03	-.388E+02
4.00	2	.831E-01	.181E-02	-.452E-03	.903E+03	-.158E+03	-.775E+01
5.00	2	.820E-01	-.465E-02	-.173E-02	.106E+04	-.152E+03	.199E+02
6.00	2	.796E-01	-.100E-01	-.321E-02	.120E+04	-.120E+03	.429E+02
7.00	2	.756E-01	-.140E-01	-.483E-02	.127E+04	-.919E+01	.128E+03
8.00	2	.699E-01	-.162E-01	-.646E-02	.121E+04	.130E+03	.148E+03
9.00	2	.627E-01	-.160E-01	-.791E-02	.100E+04	.280E+03	.146E+03
10.00	2	.542E-01	-.127E-01	-.901E-02	.653E+03	.414E+03	.116E+03
11.00	2	.449E-01	-.532E-02	-.957E-02	.191E+03	.499E+03	.485E+02
12.00	2	.353E-01	.724E-02	-.949E-02	-.315E+03	.495E+03	-.661E+02
13.00	2	.261E-01	.261E-01	-.878E-02	-.751E+03	.348E+03	-.238E+03
14.00	2	.179E-01	.179E-01	-.762E-02	-.993E+03	.148E+03	-.163E+03
15.00	2	.109E-01	.109E-01	-.633E-02	-.921E+03	-.260E+03	-.311E+03
16.00	2	.512E-02	.512E-02	-.535E-02	-.534E+03	-.486E+03	-.146E+03
17.00	2	-.248E-15	-.248E-15	-.500E-02	.441E-11	-.558E+03	.707E-11

PIEU NUM. 3
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.773E-01	.323E-01	.315E-02	.642E+03	.125E+03	-.138E+03
1.00	2	.800E-01	.247E-01	.237E-02	.581E+03	.245E+01	-.106E+03
2.00	2	.820E-01	.169E-01	.159E-02	.626E+03	-.867E+02	-.724E+02
3.00	2	.832E-01	.925E-02	.706E-03	.743E+03	-.143E+03	-.396E+02
4.00	2	.834E-01	.208E-02	-.362E-03	.900E+03	-.167E+03	-.892E+01
5.00	2	.824E-01	-.429E-02	-.164E-02	.107E+04	-.162E+03	.184E+02
6.00	2	.800E-01	-.959E-02	-.314E-02	.121E+04	-.131E+03	.410E+02
7.00	2	.761E-01	-.135E-01	-.478E-02	.130E+04	-.247E+02	.123E+03
8.00	2	.704E-01	-.157E-01	-.646E-02	.125E+04	.110E+03	.143E+03
9.00	2	.632E-01	-.155E-01	-.799E-02	.107E+04	.255E+03	.142E+03
10.00	2	.546E-01	-.124E-01	-.920E-02	.750E+03	.385E+03	.113E+03
11.00	2	.450E-01	-.521E-02	-.990E-02	.318E+03	.468E+03	.476E+02
12.00	2	.350E-01	.692E-02	-.100E-01	-.157E+03	.465E+03	-.632E+02
13.00	2	.252E-01	.252E-01	-.952E-02	-.565E+03	.323E+03	-.230E+03
14.00	2	.161E-01	.161E-01	-.862E-02	-.788E+03	.136E+03	-.147E+03
15.00	2	.797E-02	.797E-02	-.759E-02	-.734E+03	-.205E+03	-.227E+03
16.00	2	.802E-03	.802E-03	-.680E-02	-.451E+03	-.328E+03	-.229E+02
17.00	2	-.578E-02	-.578E-02	-.642E-02	-.143E+03	-.256E+03	.165E+03
18.00	2	-.122E-01	-.122E-01	-.636E-02	.113E-09	-.200E-10	.347E+03

NOMBRE D'ITERATIONS DE CALCUL : 1
===>
inhibe echo
===>
ex inst 1 plans
le calcul sous sollicitation differee n'a pas ete fait, au moins pour un plan
le cumul des efforts sera donc lineaire pour le ou les plans correspondants
CALCUL ELASTIQUE
CALCUL PLASTIQUE ITERATION N. 1
CALCUL PLASTIQUE ITERATION N. 2
CALCUL PLASTIQUE ITERATION N. 3
NOMBRE D'ITERATIONS DE CALCUL : 3
===>
sa res
nom du fichier a creer ?
ex1.res
entrez sur une ligne le commentaire a inserer en tete de l'edition
sinon tapez RETOUR

===>
q
VOULEZ-VOUS SAUVEGARDER VOS COMMANDES DANS UN FICHIER ?
n
VOULEZ-VOUS ENREGISTRER VOS DONNEES DANS UN FICHIER ?
n

Pour toute remarque, veuillez contacter le service gestionnaire de Hades
HADES - Fin normale - Version 5.1-D - FEVRIER 1997

7.7.3.2. Contenu du fichier de résultats

FICHIER DE RESULTATS: ex1.res

** HADES V 5.1 ** 1997 ** SETRA, Ministere des Transports. France
auteur: SETRA, 46 Av A. Briand 92223 Bagneux, assistance: 01.46.11.31.93
cree le 07/02/1997 a 09:45

#

DONNEES : fichier ex1.dat
****

==> CHARGE DIFFEREE N. 1

```
 FX=   .500E+03    FY=   .000E+00    FZ=   .000E+00
 MX=   .000E+00    MY=   .000E+00    MZ=   .000E+00
```

--DEPLACEMENT DE LA SEMELLE-- SETRA-CTOA:V510-001

DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
.773E-01	.263E-04	-.128E-01	.133E-05	.315E-02	.795E-05

--DEPLACEMENTS EN TETE DES PIEUX--

	DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
PIEU 1	.813E-01	.581E-04	.258E-02	-.147E-05	.315E-02	.792E-05
PIEU 2	.772E-01	-.554E-05	-.149E-03	.133E-05	.315E-02	.795E-05
PIEU 3	.773E-01	-.554E-05	-.157E-03	.133E-05	.315E-02	.795E-05

--EFFORTS EN TETE DES PIEUX--

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
PIEU 1	.169E+03	.645E+00	.251E+03	-.531E+00	.109E+03	.269E-03
PIEU 2	.131E+03	-.323E+00	-.891E+02	.954E+00	.671E+03	.610E+01
PIEU 3	.125E+03	-.323E+00	-.886E+02	.954E+00	.642E+03	.610E+01

--LOIS DE REACTION DU SOL

GEOMETRIE N.1

COUCHE N. 1	PLAN XZ INSTANTANE	PLAN XZ DIFFERE
k1 (kN/m3)	.15562E+05	.77810E+04
plim1 (kPa)	.00000E+00	.00000E+00
k2 (kN/m3)	.77810E+04	.38905E+04
plim2 (kPa)	.40000E+03	.40000E+03

COUCHE N. 2	PLAN XZ INSTANTANE	PLAN XZ DIFFERE
k1 (kN/m3)	.33199E+05	.16599E+05
plim1 (kPa)	.00000E+00	.00000E+00
k2 (kN/m3)	.16599E+05	.82997E+04
plim2 (kPa)	.70000E+03	.70000E+03

COUCHE N. 3	PLAN XZ INSTANTANE	PLAN XZ DIFFERE
k1 (kN/m3)	.10375E+06	.51873E+05
plim1 (kPa)	.00000E+00	.00000E+00
k2 (kN/m3)	.51873E+05	.25937E+05
plim2 (kPa)	.15000E+04	.15000E+04

GEOMETRIE N.2

COUCHE N. 1	PLAN XZ INSTANTANE	PLAN XZ DIFFERE
k1 (kN/m3)	.60047E+05	.30024E+05
plim1 (kPa)	.00000E+00	.00000E+00
k2 (kN/m3)	.30024E+05	.15012E+05
plim2 (kPa)	.40000E+03	.40000E+03

COUCHE N. 2	PLAN XZ INSTANTANE	PLAN XZ DIFFERE
k1 (kN/m3)	.12810E+06	.64050E+05
plim1 (kPa)	.00000E+00	.00000E+00
k2 (kN/m3)	.64050E+05	.32025E+05
plim2 (kPa)	.70000E+03	.70000E+03

COUCHE N. 3	PLAN XZ INSTANTANE	PLAN XZ DIFFERE
k1 (kN/m3)	.40031E+06	.20016E+06
plim1 (kPa)	.00000E+00	.00000E+00
k2 (kN/m3)	.20016E+06	.10008E+06
plim2 (kPa)	.15000E+04	.15000E+04

--PIEU N. 1--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	3	.813E-01	.390E-01	.315E-02	.109E+03	.169E+03	-.898E+02
1.06	2	.757E-01	.238E-01	-.758E-02	-.450E+01	.535E+02	-.801E+02
2.13	2	.694E-01	.825E-02	-.225E-02	-.271E+02	-.192E+01	-.278E+02
3.19	2	.699E-01	.401E-03	.359E-02	-.156E+02	-.152E+02	-.135E+01
4.26	2	.747E-01	-.167E-02	.571E-02	-.799E+00	-.117E+02	.562E+01
5.32	2	.802E-01	-.129E-02	.474E-02	.843E+01	-.609E+01	.434E+01
6.39	2	.837E-01	-.477E-03	.211E-02	.129E+02	-.296E+01	.161E+01
7.45	2	.842E-01	.302E-04	-.127E-02	.148E+02	-.151E+01	-.217E+00
8.51	2	.811E-01	.174E-03	-.504E-02	.167E+02	-.250E+01	-.125E+01
9.58	2	.739E-01	-.685E-04	-.944E-02	.198E+02	-.321E+01	.493E+00
10.64	2	.619E-01	-.966E-03	-.145E-01	.218E+02	.240E+00	.694E+01
11.71	2	.448E-01	-.239E-02	-.193E-01	.156E+02	.131E+02	.172E+02
12.77	2	.245E-01	-.188E-02	-.203E-01	-.897E+01	.323E+02	.135E+02
13.83	2	.765E-02	.765E-02	-.130E-01	-.428E+02	.191E+02	-.550E+02
14.90	2	.575E-04	.575E-04	-.113E-02	-.466E+02	-.227E+01	-.414E+00
15.00	2	-.298E-12	-.298E-12	-.403E-12	-.463E+02	-.232E+01	.669E-08

```
depmax = .842E-01     M.max =  .109E+03     V.max =  .169E+03
  cote =     7.45      cote =       .00      cote =       .00
```

--PIEU N. 2--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)

.00	2	.772E-01	.322E-01	.315E-02	.671E+03	.131E+03	-.138E+03
1.00	2	.800E-01	.247E-01	.233E-02	.605E+03	.853E+01	-.106E+03
2.00	2	.819E-01	.168E-01	.153E-02	.643E+03	-.802E+02	-.719E+02
3.00	2	.830E-01	.906E-02	.626E-03	.754E+03	-.135E+03	-.388E+02
4.00	2	.831E-01	.181E-02	-.452E-03	.903E+03	-.158E+03	-.775E+01
5.00	2	.820E-01	-.465E-02	-.173E-02	.106E+04	-.152E+03	.199E+02
6.00	2	.796E-01	-.100E-01	-.321E-02	.120E+04	-.120E+03	.429E+02
7.00	2	.756E-01	-.140E-01	-.483E-02	.127E+04	-.919E+01	.128E+03
8.00	2	.699E-01	-.162E-01	-.646E-02	.121E+04	.130E+03	.148E+03
9.00	2	.627E-01	-.160E-01	-.791E-02	.100E+04	.280E+03	.146E+03
10.00	2	.542E-01	-.127E-01	-.901E-02	.653E+03	.414E+03	.116E+03
11.00	2	.449E-01	-.532E-02	-.957E-02	.191E+03	.499E+03	.485E+02
12.00	2	.353E-01	.724E-02	-.949E-02	-.315E+03	.495E+03	-.661E+02
13.00	2	.261E-01	.261E-01	-.878E-02	-.751E+03	.348E+03	-.238E+03
14.00	2	.179E-01	.179E-01	-.762E-02	-.993E+03	.148E+03	-.163E+03
15.00	2	.109E-01	.109E-01	-.633E-02	-.921E+03	-.260E+03	-.311E+03
16.00	2	.512E-02	.512E-02	-.535E-02	-.534E+03	-.486E+03	-.146E+03
17.00	2	-.248E-15	-.248E-15	-.500E-02	.441E-11	-.558E+03	.707E-11

depmax = .831E-01 M.max = .127E+04 V.max = .558E+03
cote = 4.00 cote = 7.00 cote = 17.00

--PIEU N. 3--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.773E-01	.323E-01	.315E-02	.642E+03	.125E+03	-.138E+03
1.00	2	.800E-01	.247E-01	.237E-02	.581E+03	.245E+01	-.106E+03
2.00	2	.820E-01	.169E-01	.159E-02	.626E+03	-.867E+02	-.724E+02
3.00	2	.832E-01	.925E-02	.706E-03	.743E+03	-.143E+03	-.396E+02
4.00	2	.834E-01	.208E-02	-.362E-03	.900E+03	-.167E+03	-.892E+01
5.00	2	.824E-01	-.429E-02	-.164E-02	.107E+04	-.162E+03	.184E+02
6.00	2	.800E-01	-.959E-02	-.314E-02	.121E+04	-.131E+03	.410E+02
7.00	2	.761E-01	-.135E-01	-.478E-02	.130E+04	-.247E+02	.123E+03
8.00	2	.704E-01	-.157E-01	-.646E-02	.125E+04	.110E+03	.143E+03
9.00	2	.632E-01	-.155E-01	-.799E-02	.107E+04	.255E+03	.142E+03
10.00	2	.546E-01	-.124E-01	-.920E-02	.750E+03	.385E+03	.113E+03
11.00	2	.450E-01	-.521E-02	-.990E-02	.318E+03	.468E+03	.476E+02
12.00	2	.350E-01	.692E-02	-.100E-01	-.157E+03	.465E+03	-.632E+02
13.00	2	.252E-01	.252E-01	-.952E-02	-.565E+03	.323E+03	-.230E+03
14.00	2	.161E-01	.161E-01	-.862E-02	-.788E+03	.136E+03	-.147E+03
15.00	2	.797E-02	.797E-02	-.759E-02	-.734E+03	-.205E+03	-.227E+03
16.00	2	.802E-03	.802E-03	-.680E-02	-.451E+03	-.328E+03	-.229E+02
17.00	2	-.578E-02	-.578E-02	-.642E-02	-.143E+03	-.256E+03	.165E+03
18.00	2	-.122E-01	-.122E-01	-.636E-02	.113E-09	-.200E-10	.347E+03

depmax = .834E-01 M.max = .130E+04 V.max = .468E+03
cote = 4.00 cote = 7.00 cote = 11.00

NOMBRE D'ITERATIONS DE CALCUL : 1
****

DONNEES : fichier ex1.dat
****

==> CHARGE INSTANTANEE N. 1

FX= .100E+04 FY= .300E+04 FZ= .100E+04
MX= .000E+00 MY= .000E+00 MZ= .000E+00

--DEPLACEMENT DE LA SEMELLE-- SETRA-CTOA:V510-001

DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
.872E-02	.345E-01	.258E-02	.261E-03	-.630E-03	.181E-02

--DEPLACEMENTS EN TETE DES PIEUX--

	DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
PIEU 1	.645E-02	.418E-01	.778E-02	-.375E-03	-.630E-03	.179E-02
PIEU 2	.328E-02	.272E-01	.848E-03	.261E-03	-.630E-03	.181E-02
PIEU 3	.142E-01	.272E-01	-.720E-03	.261E-03	-.630E-03	.181E-02

--EFFORTS EN TETE DES PIEUX--

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
PIEU 1	.264E+02	.241E+03	.755E+03	-.269E+03	.222E+02	.610E-01
PIEU 2	.745E+02	.138E+04	.150E+04	-.393E+04	-.405E+02	.414E+04
PIEU 3	.642E+03	.138E+04	-.121E+04	-.394E+04	.163E+04	.414E+04

--PIEU N. 1--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	3	.645E-02	.645E-02	-.630E-03	.222E+02	.264E+02	.000E+00
1.06	3	.391E-02	.391E-02	-.318E-02	-.440E+00	.162E+02	-.966E+01
2.13	2	.108E-02	.108E-02	-.188E-02	-.677E+01	-.847E+00	-.726E+01
3.19	2	-.106E-03	-.106E-03	-.480E-03	-.375E+01	-.343E+01	.713E+00
4.26	2	-.257E-03	-.257E-03	.733E-04	-.879E+00	-.179E+01	.173E+01
5.32	2	-.125E-03	-.125E-03	.129E-03	.192E+00	-.388E+00	.842E+00
6.39	2	-.235E-04	-.235E-04	.579E-04	.282E+00	.969E-01	.158E+00
7.45	2	.683E-05	.683E-05	.690E-05	.108E+00	.155E+00	-.981E-01
8.51	2	.555E-05	.555E-05	-.487E-05	.390E-02	.452E-01	-.798E-01
9.58	2	.119E-05	.119E-05	-.269E-05	-.124E-01	-.315E-02	-.170E-01
10.64	2	-.273E-06	-.273E-06	-.375E-06	-.512E-02	-.697E-02	.392E-02
11.71	2	-.253E-06	-.253E-06	.206E-06	-.297E-03	-.219E-02	.364E-02
12.77	2	-.604E-07	-.604E-07	.121E-06	.563E-03	.767E-04	.869E-03
13.83	2	.326E-08	.326E-08	.125E-07	.244E-03	.364E-03	-.469E-04
14.90	2	.166E-09	.166E-09	-.314E-08	-.113E-03	.317E-03	-.239E-05
15.00	2	-.311E-13	-.311E-13	-.274E-12	-.145E-03	.317E-03	.140E-08

depmax = .645E-02 M.max = .222E+02 V.max = .264E+02
cote = .00 cote = .00 cote = .00

--PIEU N. 1--
PLAN D'ETUDE YIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	Y (m)	Y-G(Z) (m)	ROTX (rd)	MX (kN.m)	VY (kN)	RSOL (kN/m)
.00	3	.418E-01	.418E-01	-.375E-03	-.269E+03	.241E+03	-.849E+02
1.06	3	.327E-01	.327E-01	.142E-01	-.611E+02	.151E+03	-.849E+02
2.13	3	.168E-01	.168E-01	.139E-01	.512E+02	.604E+02	-.849E+02
3.19	2	.507E-02	.507E-02	.779E-02	.680E+02	-.149E+02	-.350E+02
4.26	2	-.233E-03	-.233E-03	.259E-02	.418E+02	-.280E+02	.244E+01
5.32	2	-.139E-02	-.139E-02	-.169E-04	.158E+02	-.196E+02	.102E+02
6.39	2	-.884E-03	-.884E-03	-.691E-03	.382E+00	-.101E+02	.683E+01
7.45	2	-.250E-03	-.250E-03	-.431E-03	-.425E+01	-.252E+00	.504E+01
8.51	1	.172E-04	.172E-04	-.102E-03	-.239E+01	.241E+01	-.494E+00
9.58	1	.454E-04	.454E-04	.186E-04	-.444E+00	.113E+01	-.130E+01
10.64	1	.180E-04	.180E-04	.238E-04	.159E+00	.149E+00	-.516E+00
11.71	1	.132E-05	.132E-05	.794E-05	.139E+00	-.102E+00	-.378E-01
12.77	1	-.203E-05	-.203E-05	-.872E-07	.400E-01	-.690E-01	.583E-01
13.83	1	-.914E-06	-.914E-06	-.133E-05	-.463E-02	-.209E-01	.263E-01
14.90	1	-.862E-08	-.862E-08	-.168E-06	-.185E-01	-.992E-02	.248E-03
15.00	1	.669E-13	.669E-13	-.469E-13	-.195E-01	-.990E-02	-.601E-08

depmax = .418E-01 M.max = .269E+03 V.max = .241E+03
cote = .00 cote = .00 cote = .00

--PIEU N. 2--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.328E-02	.328E-02	-.630E-03	-.405E+02	.745E+02	-.280E+02
1.00	2	.266E-02	.266E-02	-.598E-03	-.102E+03	.492E+02	-.228E+02
2.00	2	.209E-02	.209E-02	-.544E-03	-.141E+03	.289E+02	-.179E+02
3.00	2	.158E-02	.158E-02	-.477E-03	-.161E+03	.132E+02	-.135E+02
4.00	2	.114E-02	.114E-02	-.404E-03	-.168E+03	.168E+01	-.973E+01
5.00	2	.769E-03	.769E-03	-.331E-03	-.166E+03	-.642E+01	-.658E+01
6.00	2	.474E-03	.474E-03	-.260E-03	-.156E+03	-.117E+02	-.406E+01
7.00	2	.247E-03	.247E-03	-.194E-03	-.141E+03	-.182E+02	-.452E+01
8.00	2	.827E-04	.827E-04	-.137E-03	-.121E+03	-.211E+02	-.151E+01
9.00	2	-.290E-04	-.290E-04	-.882E-04	-.998E+02	-.215E+02	.530E+00
10.00	2	-.969E-04	-.969E-04	-.491E-04	-.788E+02	-.203E+02	.177E+01
11.00	2	-.130E-03	-.130E-03	-.188E-04	-.595E+02	-.182E+02	.238E+01
12.00	2	-.137E-03	-.137E-03	.348E-05	-.425E+02	-.157E+02	.250E+01
13.00	2	-.125E-03	-.125E-03	.189E-04	-.280E+02	-.133E+02	.229E+01
14.00	2	-.101E-03	-.101E-03	.284E-04	-.158E+02	-.112E+02	.185E+01
15.00	2	-.702E-04	-.702E-04	.333E-04	-.722E+01	-.630E+01	.400E+01
16.00	2	-.357E-04	-.357E-04	.353E-04	-.259E+01	-.327E+01	.204E+01
17.00	2	.402E-17	.402E-17	.359E-04	-.568E-12	-.225E+01	-.229E-12

depmax = .328E-02 M.max = .168E+03 V.max = .745E+02
cote = .00 cote = 4.00 cote = .00

--PIEU N. 2--
PLAN D'ETUDE YIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	Y (m)	Y-G(Z) (m)	ROTX (rd)	MX (kN.m)	VY (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.272E-01	.272E-01	.261E-03	-.393E+04	.138E+04	-.233E+03
1.00	2	.262E-01	.262E-01	.170E-02	-.267E+04	.115E+04	-.224E+03
2.00	2	.240E-01	.240E-01	.264E-02	-.163E+04	.933E+03	-.206E+03
3.00	2	.211E-01	.211E-01	.316E-02	-.797E+03	.740E+03	-.180E+03
4.00	2	.178E-01	.178E-01	.336E-02	-.143E+03	.573E+03	-.152E+03
5.00	2	.144E-01	.144E-01	.331E-02	.358E+03	.435E+03	-.124E+03
6.00	2	.112E-01	.112E-01	.307E-02	.736E+03	.326E+03	-.962E+02
7.00	2	.835E-02	.835E-02	.269E-02	.968E+03	.147E+03	-.153E+03
8.00	2	.589E-02	.589E-02	.224E-02	.105E+04	.179E+02	-.108E+03
9.00	2	.388E-02	.388E-02	.178E-02	.102E+04	-.706E+02	-.708E+02
10.00	2	.231E-02	.231E-02	.136E-02	.917E+03	-.126E+03	-.422E+02
11.00	2	.115E-02	.115E-02	.985E-03	.773E+03	-.157E+03	-.209E+02
12.00	2	.318E-03	.318E-03	.682E-03	.608E+03	-.170E+03	-.581E+01
13.00	2	-.243E-03	-.243E-03	.453E-03	.437E+03	-.171E+03	.444E+01
14.00	2	-.612E-03	-.612E-03	.298E-03	.270E+03	-.163E+03	.112E+02
15.00	2	-.863E-03	-.863E-03	.213E-03	.127E+03	-.120E+03	.492E+02
16.00	2	-.106E-02	-.106E-02	.180E-03	.335E+02	-.653E+02	.602E+02
17.00	2	-.123E-02	-.123E-02	.175E-03	-.467E-10	-.192E-10	.702E+02

depmax = .272E-01 M.max = .393E+04 V.max = .138E+04
cote = .00 cote = .00 cote = .00

--PIEU N. 3--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.142E-01	.142E-01	-.630E-03	.163E+04	.642E+03	-.121E+03
1.00	2	.132E-01	.132E-01	-.121E-02	.104E+04	.525E+03	-.113E+03
2.00	2	.118E-01	.118E-01	-.156E-02	.573E+03	.417E+03	-.101E+03
3.00	2	.102E-01	.102E-01	-.173E-02	.204E+03	.323E+03	-.870E+02
4.00	2	.841E-02	.841E-02	-.175E-02	-.780E+02	.243E+03	-.720E+02
5.00	2	.669E-02	.669E-02	-.167E-02	-.288E+03	.179E+03	-.573E+02
6.00	2	.510E-02	.510E-02	-.151E-02	-.440E+03	.129E+03	-.436E+02
7.00	2	.370E-02	.370E-02	-.129E-02	-.527E+03	.485E+02	-.675E+02
8.00	2	.252E-02	.252E-02	-.106E-02	-.545E+03	-.784E+01	-.460E+02
9.00	2	.158E-02	.158E-02	-.822E-03	-.518E+03	-.449E+02	-.289E+02
10.00	2	.870E-03	.870E-03	-.607E-03	-.461E+03	-.670E+02	-.159E+02
11.00	2	.359E-03	.359E-03	-.420E-03	-.387E+03	-.779E+02	-.656E+01
12.00	2	.179E-04	.179E-04	-.268E-03	-.307E+03	-.811E+02	-.327E+00
13.00	2	-.188E-03	-.188E-03	-.151E-03	-.227E+03	-.794E+02	.344E+01
14.00	2	-.295E-03	-.295E-03	-.685E-04	-.149E+03	-.749E+02	.539E+01

15.00	2	-.336E-03	-.336E-03	-.181E-04	-.835E+02	-.566E+02	.192E+02
16.00	2	-.340E-03	-.340E-03	.750E-05	-.366E+02	-.372E+02	.194E+02
17.00	2	-.327E-03	-.327E-03	.168E-04	-.898E+01	-.181E+02	.186E+02
18.00	2	-.309E-03	-.309E-03	.181E-04	.109E-10	-.916E-11	.176E+02

depmax = .142E-01 M.max = .163E+04 V.max = .642E+03

cote = .00 cote = .00 cote = .00

--PIEU N. 3--

PLAN D'ETUDE YIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	Y (m)	Y-G(Z) (m)	ROTX (rd)	MX (kN.m)	VY (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.272E-01	.272E-01	.261E-03	-.394E+04	.138E+04	-.233E+03
1.00	2	.262E-01	.262E-01	.171E-02	-.268E+04	.115E+04	-.224E+03
2.00	2	.240E-01	.240E-01	.264E-02	-.164E+04	.935E+03	-.205E+03
3.00	2	.211E-01	.211E-01	.317E-02	-.802E+03	.742E+03	-.180E+03
4.00	2	.178E-01	.178E-01	.337E-02	-.145E+03	.576E+03	-.152E+03
5.00	2	.144E-01	.144E-01	.332E-02	.359E+03	.438E+03	-.123E+03
6.00	2	.112E-01	.112E-01	.308E-02	.740E+03	.329E+03	-.958E+02
7.00	2	.829E-02	.829E-02	.269E-02	.976E+03	.151E+03	-.151E+03
8.00	2	.582E-02	.582E-02	.224E-02	.106E+04	.232E+02	-.106E+03
9.00	2	.381E-02	.381E-02	.178E-02	.104E+04	-.641E+02	-.696E+02
10.00	2	.225E-02	.225E-02	.134E-02	.942E+03	-.119E+03	-.412E+02
11.00	2	.111E-02	.111E-02	.960E-03	.806E+03	-.149E+03	-.202E+02
12.00	2	.313E-03	.313E-03	.640E-03	.650E+03	-.161E+03	-.572E+01
13.00	2	-.196E-03	-.196E-03	.390E-03	.488E+03	-.162E+03	.358E+01
14.00	2	-.491E-03	-.491E-03	.212E-03	.328E+03	-.156E+03	.897E+01
15.00	2	-.642E-03	-.642E-03	.998E-04	.188E+03	-.123E+03	.366E+02
16.00	2	-.709E-03	-.709E-03	.414E-04	.847E+02	-.839E+02	.404E+02
17.00	2	-.737E-03	-.737E-03	.196E-04	.214E+02	-.426E+02	.421E+02
18.00	2	-.754E-03	-.754E-03	.165E-04	-.173E-10	-.192E-10	.430E+02

depmax = .272E-01 M.max = .394E+04 V.max = .138E+04
cote = .00 cote = .00 cote = .00

NOMBRE D'ITERATIONS DE CALCUL : 3

****

--NORMES DU MOMENT ET DE L'EFFORT TRANCHANT--

PIEU N. 1

COTE PIEU	M	V
.00	.270E+03	.242E+03
1.06	.611E+02	.152E+03
2.13	.517E+02	.604E+02
3.19	.681E+02	.153E+02
4.26	.419E+02	.280E+02
5.32	.158E+02	.196E+02
6.39	.475E+00	.101E+02
7.45	.425E+01	.296E+00
8.51	.239E+01	.241E+01
9.58	.444E+00	.113E+01
10.64	.159E+00	.149E+00
11.71	.139E+00	.102E+00
12.77	.400E-01	.690E-01
13.83	.464E-02	.209E-01
14.90	.185E-01	.993E-02
15.00	.195E-01	.990E-02

PIEU N. 2

COTE PIEU	M	V
.00	.393E+04	.138E+04
1.00	.267E+04	.115E+04
2.00	.164E+04	.933E+03
3.00	.814E+03	.740E+03
4.00	.221E+03	.573E+03
5.00	.395E+03	.435E+03
6.00	.753E+03	.326E+03
7.00	.979E+03	.148E+03
8.00	.105E+04	.277E+02
9.00	.102E+04	.738E+02
10.00	.920E+03	.128E+03
11.00	.776E+03	.158E+03
12.00	.610E+03	.171E+03
13.00	.438E+03	.171E+03
14.00	.270E+03	.163E+03
15.00	.127E+03	.120E+03
16.00	.336E+02	.653E+02
17.00	.467E-10	.225E+01

PIEU N. 3

COTE PIEU	M	V
.00	.427E+04	.152E+04
1.00	.288E+04	.126E+04
2.00	.174E+04	.102E+04
3.00	.827E+03	.809E+03
4.00	.165E+03	.625E+03
5.00	.460E+03	.473E+03
6.00	.861E+03	.353E+03
7.00	.111E+04	.159E+03
8.00	.119E+04	.245E+02
9.00	.116E+04	.783E+02
10.00	.105E+04	.136E+03
11.00	.895E+03	.168E+03
12.00	.719E+03	.181E+03
13.00	.538E+03	.181E+03
14.00	.361E+03	.173E+03
15.00	.206E+03	.135E+03
16.00	.923E+02	.918E+02
17.00	.232E+02	.463E+02
18.00	.205E-10	.213E-10

DONNEES : fichier ex1.dat

****

==> CUMUL DES CHARGES INSTANTANEE ET DIFFEREE

==> CHARGE INSTANTANEE N. 1

FX= .100E+04 FY= .300E+04 FZ= .100E+04
MX= .000E+00 MY= .000E+00 MZ= .000E+00

==> CHARGE DIFFEREE N. 1

FX= .500E+03 FY= .000E+00 FZ= .000E+00
MX= .000E+00 MY= .000E+00 MZ= .000E+00

--DEPLACEMENT DE LA SEMELLE-- SETRA-CTOA:V510-001

DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
.860E-01	.345E-01	-.102E-01	.263E-03	.252E-02	.182E-02

--DEPLACEMENTS EN TETE DES PIEUX--

	DEPX (m)	DEPY (m)	DEPZ (m)	ROTX (rd)	ROTY (rd)	ROTZ (rd)
PIEU 1	.877E-01	.418E-01	.104E-01	-.377E-03	.252E-02	.180E-02
PIEU 2	.805E-01	.272E-01	.699E-03	.263E-03	.252E-02	.182E-02
PIEU 3	.915E-01	.272E-01	-.877E-03	.263E-03	.252E-02	.182E-02

--EFFORTS EN TETE DES PIEUX--

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
PIEU 1	.196E+03	.242E+03	.101E+04	-.270E+03	.131E+03	.613E-01
PIEU 2	.205E+03	.138E+04	.142E+04	-.393E+04	.631E+03	.414E+04
PIEU 3	.767E+03	.138E+04	-.129E+04	-.394E+04	.227E+04	.414E+04

--PIEU N. 1--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	3	.877E-01	.454E-01	.252E-02	.131E+03	.196E+03	-.898E+02
1.06	3	.797E-01	.277E-01	-.108E-01	-.494E+01	.697E+02	-.898E+02
2.13	2	.705E-01	.932E-02	-.412E-02	-.339E+02	-.277E+01	-.351E+02
3.19	2	.698E-01	.295E-03	.311E-02	-.194E+02	-.186E+02	-.637E+00
4.26	2	.745E-01	-.192E-02	.578E-02	-.168E+01	-.135E+02	.735E+01
5.32	2	.800E-01	-.141E-02	.487E-02	.862E+01	-.648E+01	.518E+01
6.39	2	.837E-01	-.500E-03	.217E-02	.131E+02	-.286E+01	.177E+01
7.45	2	.842E-01	.370E-04	-.126E-02	.149E+02	-.135E+01	-.315E+00
8.51	2	.811E-01	.180E-03	-.505E-02	.167E+02	-.245E+01	-.133E+01
9.58	2	.739E-01	-.673E-04	-.944E-02	.197E+02	-.322E+01	.476E+00
10.64	2	.619E-01	-.966E-03	-.146E-01	.218E+02	.233E+00	.695E+01
11.71	2	.448E-01	-.239E-02	-.193E-01	.156E+02	.131E+02	.172E+02
12.77	2	.245E-01	-.188E-02	-.203E-01	-.897E+01	.323E+02	.135E+02
13.83	2	.765E-02	.765E-02	-.130E-01	-.428E+02	.191E+02	-.550E+02
14.90	2	.575E-04	.575E-04	-.113E-02	-.466E+02	-.227E+01	-.414E+00
15.00	2	-.329E-12	-.329E-12	-.677E-12	-.463E+02	-.232E+01	.809E-08

depmax = .877E-01 M.max = .131E+03 V.max = .196E+03
cote = .00 cote = .00 cote = .00

--PIEU N. 2--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.805E-01	.355E-01	.252E-02	.631E+03	.205E+03	-.166E+03
1.00	2	.826E-01	.273E-01	.174E-02	.503E+03	.577E+02	-.128E+03
2.00	2	.840E-01	.189E-01	.987E-03	.503E+03	-.514E+02	-.898E+02
3.00	2	.846E-01	.106E-01	.149E-03	.593E+03	-.122E+03	-.523E+02
4.00	2	.842E-01	.295E-02	-.856E-03	.735E+03	-.157E+03	-.175E+02
5.00	2	.828E-01	-.388E-02	-.206E-02	.895E+03	-.159E+03	.133E+02
6.00	2	.800E-01	-.956E-02	-.347E-02	.104E+04	-.132E+03	.389E+02
7.00	2	.758E-01	-.138E-01	-.502E-02	.113E+04	-.274E+02	.124E+03
8.00	2	.700E-01	-.161E-01	-.659E-02	.109E+04	.109E+03	.147E+03
9.00	2	.627E-01	-.161E-01	-.800E-02	.903E+03	.258E+03	.147E+03
10.00	2	.541E-01	-.128E-01	-.906E-02	.575E+03	.393E+03	.118E+03
11.00	2	.447E-01	-.545E-02	-.959E-02	.132E+03	.481E+03	.509E+02
12.00	2	.351E-01	.710E-02	-.948E-02	-.358E+03	.479E+03	-.636E+02
13.00	2	.260E-01	.260E-01	-.876E-02	-.779E+03	.335E+03	-.236E+03
14.00	2	.178E-01	.178E-01	-.759E-02	-.101E+04	.137E+03	-.161E+03
15.00	2	.108E-01	.108E-01	-.629E-02	-.928E+03	-.266E+03	-.307E+03
16.00	2	.508E-02	.508E-02	-.532E-02	-.537E+03	-.489E+03	-.144E+03
17.00	2	-.244E-15	-.244E-15	-.496E-02	.384E-11	-.560E+03	.684E-11

depmax = .846E-01 M.max = .113E+04 V.max = .560E+03
cote = 3.00 cote = 7.00 cote = 17.00

--PIEU N. 3--
PLAN D'ETUDE XIZ

COTE PIEU	ZONE PLAS	X (m)	X-G(Z) (m)	ROTY (rd)	MY (kN.m)	VX (kN)	RSOL (kN/m)
.00	2	.915E-01	.465E-01	.252E-02	.227E+04	.767E+03	-.259E+03
1.00	2	.933E-01	.380E-01	.116E-02	.162E+04	.527E+03	-.219E+03
2.00	2	.938E-01	.287E-01	.314E-04	.120E+04	.330E+03	-.174E+03
3.00	2	.934E-01	.194E-01	-.102E-02	.947E+03	.180E+03	-.127E+03
4.00	2	.918E-01	.105E-01	-.211E-02	.822E+03	.769E+02	-.809E+02
5.00	2	.891E-01	.241E-02	-.331E-02	.779E+03	.173E+02	-.389E+02
6.00	2	.851E-01	-.449E-02	-.464E-02	.774E+03	-.288E+01	-.260E+01
7.00	2	.798E-01	-.983E-02	-.608E-02	.769E+03	.238E+02	.560E+02
8.00	2	.730E-01	-.132E-01	-.752E-02	.709E+03	.102E+03	.972E+02

9.00	2	.648E-01	-.140E-01	-.882E-02	.555E+03	.210E+03	.113E+03
10.00	2	.554E-01	-.115E-01	-.980E-02	.290E+03	.318E+03	.969E+02
11.00	2	.453E-01	-.485E-02	-.103E-01	-.690E+02	.390E+03	.410E+02
12.00	2	.350E-01	.694E-02	-.103E-01	-.465E+03	.383E+03	-.635E+02
13.00	2	.250E-01	.250E-01	-.967E-02	-.792E+03	.244E+03	-.226E+03
14.00	2	.158E-01	.158E-01	-.869E-02	-.937E+03	.609E+02	-.141E+03
15.00	2	.763E-02	.763E-02	-.761E-02	-.817E+03	-.261E+03	-.208E+03
16.00	2	.462E-03	.462E-03	-.680E-02	-.487E+03	-.365E+03	-.349E+01
17.00	2	-.610E-02	-.610E-02	-.641E-02	-.152E+03	-.274E+03	.183E+03
18.00	2	-.125E-01	-.125E-01	-.634E-02	.124E-09	-.292E-10	.364E+03

depmax = .938E-01 M.max = .227E+04 V.max = .767E+03
cote = 2.00 cote = .00 cote = .00

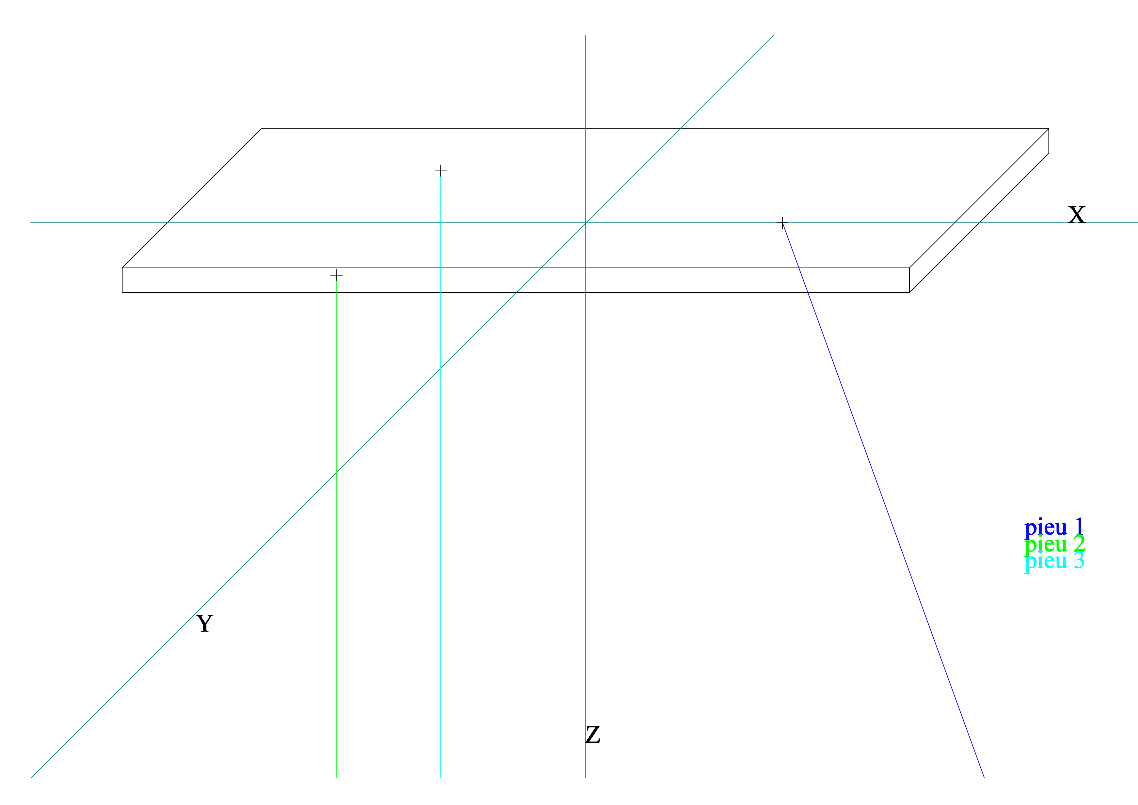
****

7.7.4. SORTIES GRAPHIQUES

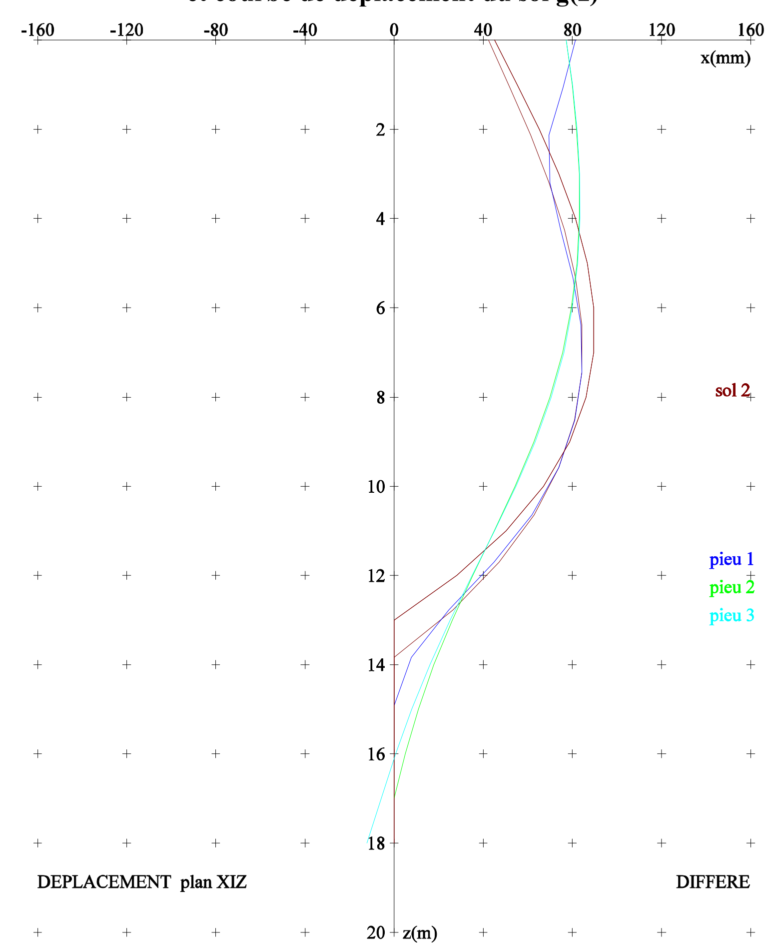
Les graphiques qui suivent représentent dans l'ordre :

1. la fondation à l'état initial,
2. le déplacement des pieux sous efforts différés,
3. les moments dans les pieux sous efforts différés,
4. les efforts tranchants dans les pieux sous efforts différés,
5. le déplacement de la semelle et des pieux en perspective soumise aux efforts différés avec la trace de la position initiale,
6. le déplacement des pieux sous efforts instantanés,
7. le déplacement de la semelle en perspective sous efforts instantanés avec trace de la position initiale,
8. le déplacement des pieux après cumul des efforts,
9. le déplacement de la semelle après cumul des efforts.

1 - Fondation à l'état initial



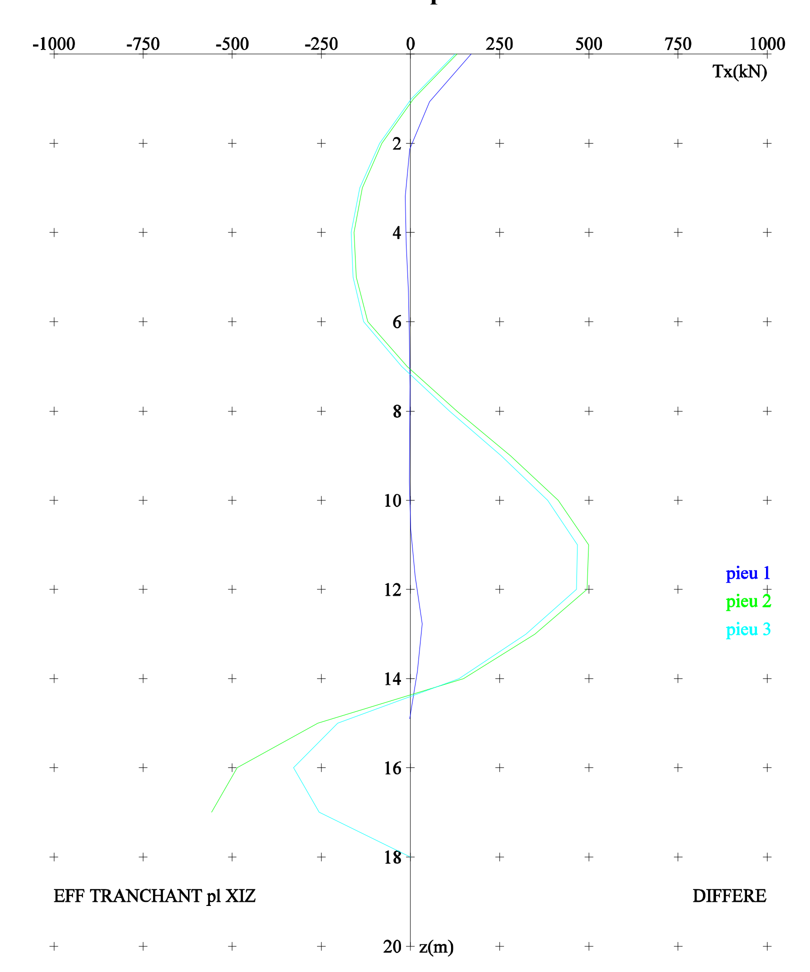
**2 - Déplacement des pieux sous efforts différés
et courbe de déplacement du sol g(z)**



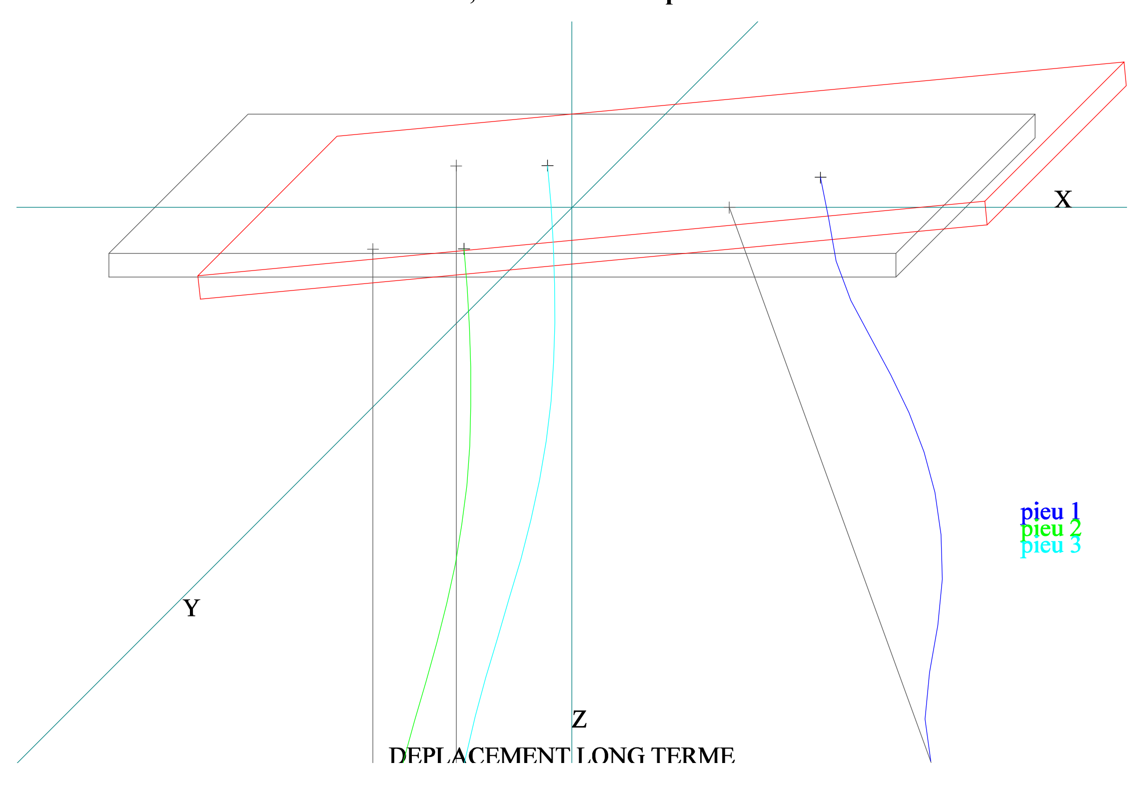
N.B. : La courbe de déplacement du sol est dessinée pour chaque pieu, dans son repère local. La figure ci-dessus comporte donc les trois courbes de déplacement des pieux, et trois courbes de déplacement de sol, dont deux se superposent, les pieux 2 et 3 étant tous deux verticaux.

3 - Moments dans les pieux sous efforts différés

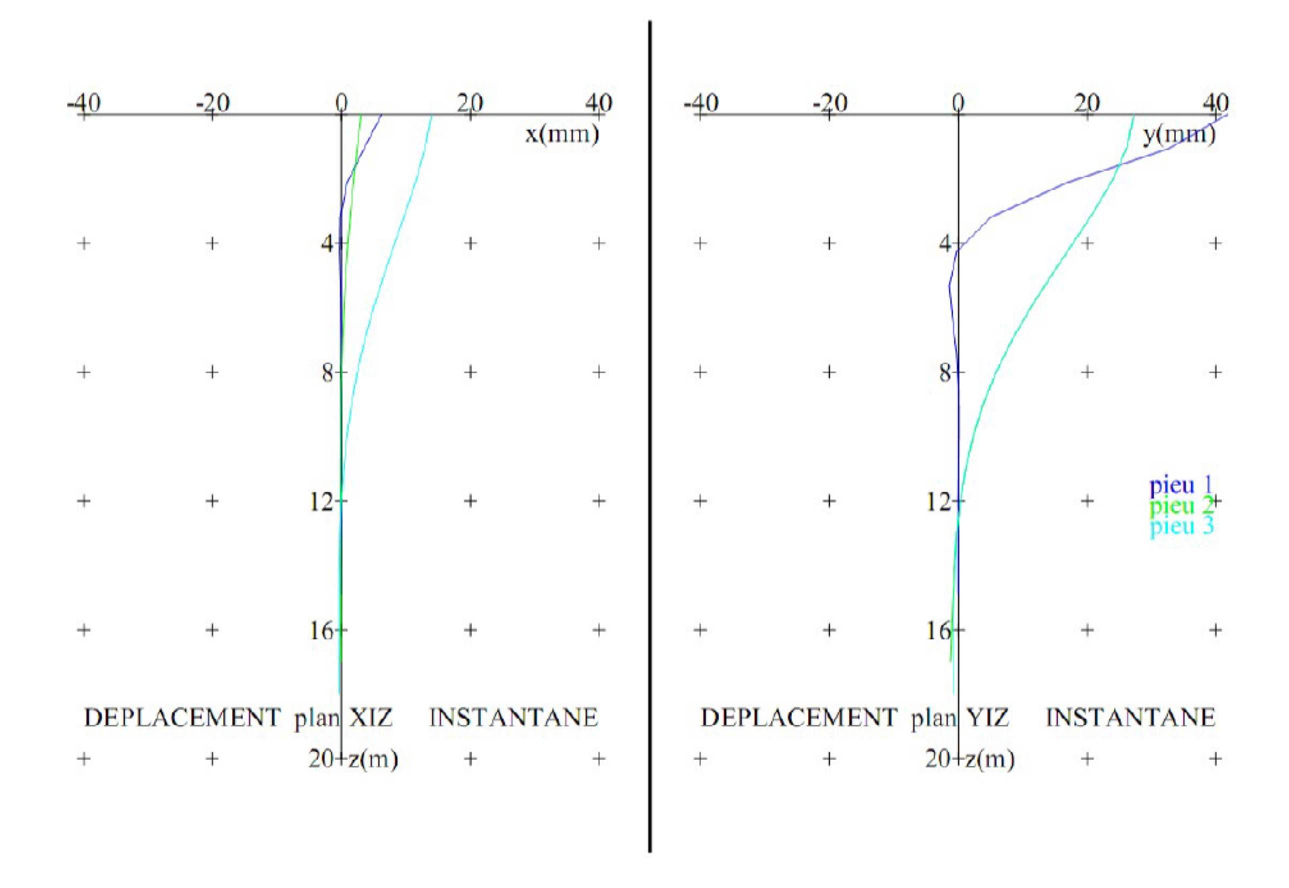
4 Efforts tranchants dans les pieux sous efforts différés



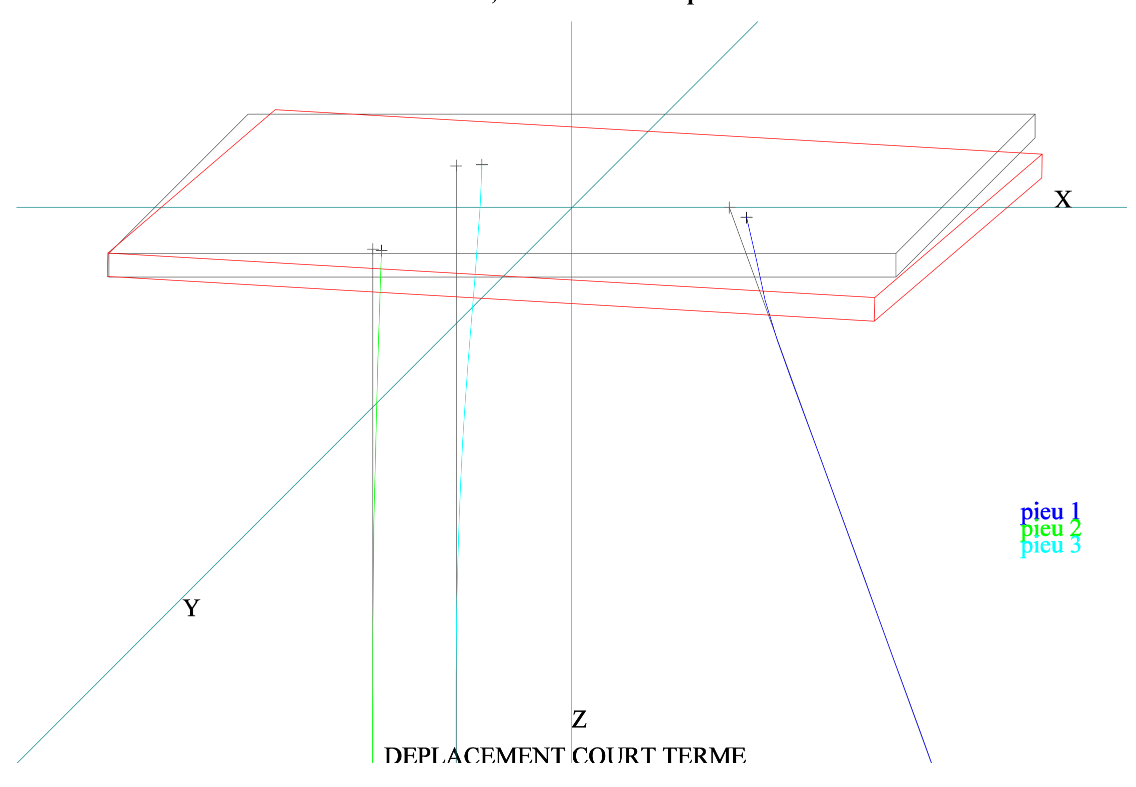
5 - Déplacement de la semelle et des pieux en perspective, sous efforts différés, avec trace de la position initiale



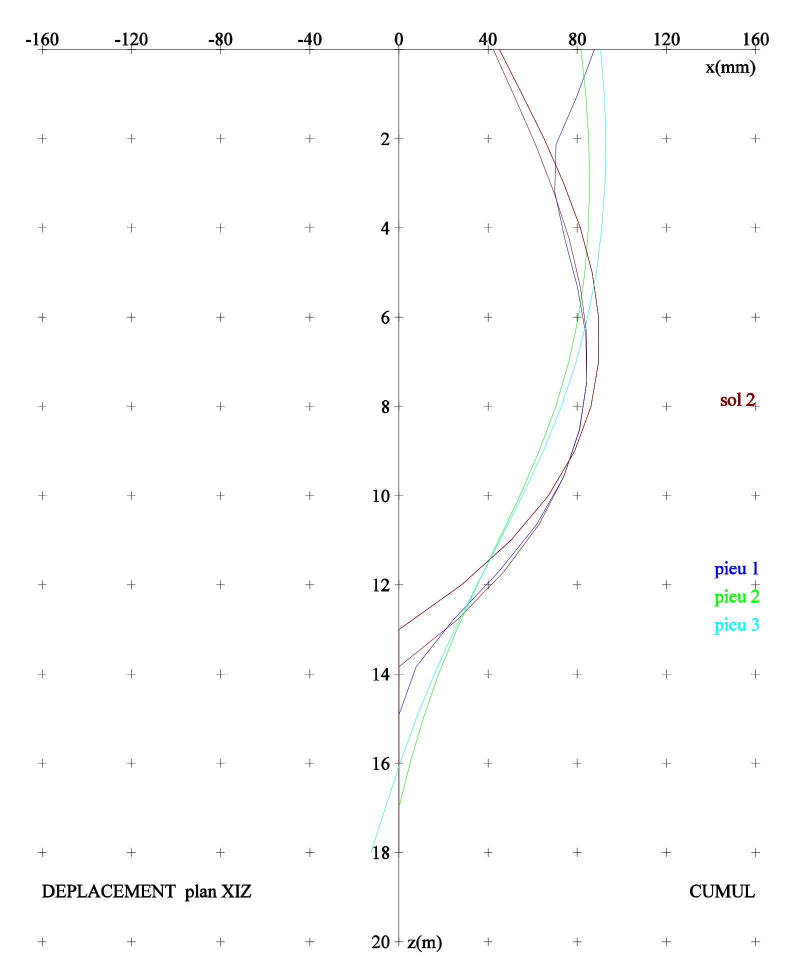
6 - Déplacements des pieux sous efforts instantanés



7 - Déplacement de la semelle et des pieux en perspective, sous efforts instantanés, avec trace de la position initiale



8 - Déplacement des pieux après cumul des efforts



N.B. : La courbe de déplacement du sol est dessinée pour chaque pieu, dans son repère local. La figure ci-dessus comporte donc les trois courbes de déplacement des pieux, et trois courbes de déplacement de sol, dont deux se superposent, les pieux 2 et 3 étant tous deux verticaux.

9 - Déplacement de la fondation après cumul des efforts

